

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra elektrických strojů a přístrojů

Parametry spolehlivosti jističů nn

Detection of Reliability LV Circuit breakers

Zadání bakalářské práce

Jan Šmída

B2645 Elektrotechnika, sdělovací a výpočetní technika

2642R004 Elektrické stroje, přístroje a pohony

Zjišťování spolehlivosti jističů nn

Detection of Reliability LV Circuit Breakers

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor základních parametrů jističů nn a jejich aplikace
2. Spolehlivost elektrotechnických systémů (rozdávěčů s jističi).
3. Na vybraném vzorku jističe ověřte možnosti určování jeho spolehlivosti.
4. Vyhodnocení dosažených výsledků a definování podmínek pro sledování spolehlivosti jističů nn.

Seznam doporučené odborné literatury:

Podle pokynů vedoucího bakalářské práce

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zdeněk Hytka, CSc.**

Datum zadání: 30.11.2008

Datum odevzdání: 07.05.2009

prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
vedoucí katedry

prof. Ing. Ivo Vondrák, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....
Jan Šmída

Datum odevzdání bakalářské práce: 7. 5. 2009

Poděkování

Chtěl bych poděkovat Ing. Zdenku Hytkovi, CSc. za odborné rady při zpracování bakalářské práce. Nemohu opomenout poděkovat svým rodičům a prarodičům za jejich neocenitelnou podporu, kterou mi poskytovali po celou dobu mého studia.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá parametry spolehlivosti jističů nízkého napětí. Jsou zde rozebrány jednotlivé díly a jejich funkce v jističi. Dále jsou uvedeny a rozděleny nejčastěji používané konstrukční typy jističů v elektrotechnice. Zároveň zde nalezneme základní popis jednotlivých provedení a rozdělení. Je zde část sloužící jako přehled z hlediska přiblížení pojmu spolehlivost. Součástí je příklad měření realizovaný na vybraném vzorku jističe. Na konci jsou zde objasněny možnosti pro měření a sledování spolehlivosti jističů nízkého napětí.

Klíčová slova

jistič, spolehlivost, kontakty, konstrukce, konstrukční provedení, definice, použití

Absrtact

This bachelor thesis deals with the characteristics of low-voltage circuit breakers. There are various dismembered parts and their functions in the circuit breakers. The following are the most widely distributed and used construction types of circuit breakers in electrical engineering. At the same time, you will find a basic description of the implementation and distribution. It is part of serving as an overview of approaches in terms of the concept of reliability. It is an example of measurements carried out on a selected sample of circuit breakers. At the end, there are clear opportunities for the measurement and monitoring of low-voltage circuit breakers.

Key Words

circuit-breaker, reliability, contacts, construction, type of construction, definition, usage

Obsah

Obsah.....	1
Seznam použitých symbolů a zkratk	7
Úvod.....	8
1. Funkce a konstrukce jednotlivých částí jističe.....	9
1.1 Definice a funkce jističe	9
1.2 Jednotlivé části jističe.....	9
1.2.1 Proudovodné části	10
1.2.2 Izolační části	10
1.2.3 Mechanismus.....	10
1.2.4 Zámky a volnoběžky	11
1.2.5 Spoustě	13
1.2.6 Zhášedla.....	16
1.2.7 Kovové zhášecí komory	17
1.2.8 Výzbroj	18
1.3 Vypínací charakteristika	18
2. Konstrukční rozdělení jističů podle velikosti	20
2.1 Zátkové jističe	20
2.2 Malé jističe	21
2.3 Střední jističe.....	23
2.4 Velké jističe.....	24
2.5 Jističe na stejnosměrný proud.....	25
3. Pojetí spolehlivosti v elektrotechnických systémech.....	26
3.1 Definice spolehlivosti.....	26
3.2 Definice jakosti.....	27
3.3 Důležitost spolehlivosti	27
3.4 Metody na dosažení spolehlivosti	28
3.5 Měřítka spolehlivosti	30
3.6 Co považujeme za uspokojivou spolehlivost?.....	31
3.7 Obecné směrnice pro specifikace spolehlivosti.....	32
3.8 Výrobní opatření působící na spolehlivost.....	32
3.9 Problematika vlivu lidského činitele na spolehlivost systémů	34
3.9.1 Poměr pojmu a předmětu.....	34
3.9.2 Problémy validity a spolehlivosti	35
4. Příklad měření na vybraném vzorku jističe	36
Závěr.....	40
Seznam použité literatury.....	41
Seznam obrázků	42
Přílohy	43

Seznam použitých symbolů a zkratek

ČSN	Česká státní norma	
EN	elektrotechnická norma	
IEC	International Electrotechnical Commission	
F	Působící síla	[N]
F₁	Působící síla c. 1	[N]
F₂	Působící síla c. 2	[N]
f_n	Jmenovitý kmitočet	[Hz]
I	Elektrický proud	[A]
I_{min}	Minimální elektrický proud	[A]
I_n	Jmenovitý elektrický proud	[A]
I_{zk}	Zkratový elektrický proud	[A]
I/I_n	Násobky elektrického proudu	[A]
nn	nízké napětí	
L₁	Elektrická fáze č. 1	
L₂	Elektrická fáze č. 2	
L₃	Elektrická fáze č. 3	
p	Přítlačná pružina	
t	Čas	[s]
dt	derivace podle času	[s]
U_e	Jmenovité pracovní napětí	[A]
U_{max}	Max. provozní napětí	[V]
U_{min}	Min. provozní napětí	[V]
U_{imp}	Jmenovité impulzní výdržné napětí	[V]
v	Vypínací pružina	
α	Úhel mezi silami	[°]
Δ	Prolomení pák	[-]

Úvod

Jistič zaujímá pozici neodmyslitelné součásti téměř každého elektrického obvodu jak v průmyslu tak i domácnosti. Jeho hlavní funkce je především chránit elektrický obvod, spotřebiče nebo osoby před nežádoucími účinky způsobené nadproudem a podpětím. Při selhání jističe vlivem špatné funkce by následky mohly být katastrofální.

Tématem bakalářská práce je problematika parametrů spolehlivosti jističů nízkého napětí. Budou zde rozebrány jednotlivé díly a popsány jejich úlohy a funkce v jističi. Dále je zapotřebí rozdělit nejčastější konstrukční typy jističů používaných v elektrotechnice. Zároveň zde nalezneme základní popis jednotlivých provedení. Další kapitola uvádí vysvětlení spolehlivosti, pojmů souvisejících s měřením a vliv lidského činitele.

V poslední kapitole bude představen příklad měření včetně grafických průběhů u vybraného jističe nízkého napětí. Budou sledovány měnící se parametry během měření jeho životnosti. Následně by mělo dojít k objasnění možností při měření a sledování spolehlivosti vybraných parametrů.

1. Funkce a konstrukce jednotlivých částí jističe

1.1 Definice a funkce jističe

Jistič je spínací přístroj, který zapíná a samočinně vypíná elektrický obvod. Jeho hlavní funkce je chránit elektrický obvod, spotřebiče nebo osoby před nežádoucími účinky nadproudu a podpětí.

Jističem můžeme ovládat, ale přístroj zastává hlavně funkci pojistky a vypínače. Je to přístroj pracující s velkým jmenovitým proudem, který dosahuje několikanásobků jmenovitého proudu chráněného zařízení.

Jistič má dvě stabilní polohy zapnuto (jistič vždy připraven vypnout) a vypnuto. Zapnutá poloha je zajištěna zámkou a volnoběžkami. Volnoběžky zajišťují pohyb kontaktů do vypnuté polohy nezávisle na poloze poháněcího mechanismu. Pro zapnutí musí být vyvinuta vnější síla nebo síla vyvinutá pohonem jističe. Zapínáním se napne pružina, která pak stále tlačí pohyblivé kontakty do vypnuté polohy. Zámek zabezpečuje zapnutou polohu proti tahu vypínacích pružin spouště popřípadě relé. Spouště uvádějí v pohyb kontaktní mechanismus jističe, který zajistí vypnutí kontaktního systému. Podle druhu reagují na velikost proudu a napětí obvodu (zkratové, tepelné a podpětňové). Dojde-li k poruše je zámek uvolněn působením spouště nastane uvolnění pružiny, která kontakty oddálí. Při vypínání vzniká mezi kontakty elektrický oblouk, který se zhasí ve zhasecím systému jističe.

1.2 Jednotlivé části jističe

Z konstrukčního hlediska jistič můžeme rozdělit na pět hlavních částí:

1. proudovodné části,
2. izolační části,
3. mechanismus,
4. zhasěla,
5. výzbroj (ověšení).

Mechanismus, proudovodné a izolační části obsahuje každý spínací přístroj. Zhasědla a výzbroj obsahují jen některé typy a některá provedení spínacích přístrojů. [1]

1.2.1 Proudovodné části

Proudovodná dráha je tvořena všemi díly zajišťující přenos proudu. Mohou ji tvořit připojovací svorky, proudovodné části, tepelné spouště (dvojkov), vinutí cívky zkratové spouště, pevný kontakt, pohyblivý kontakt, lankové vodiče. V zapnutém stavu jsou díly namáhány tepelně a mechanicky.

Mechanicky při spínání pohybujících se částí a zkratech kdy se projevuje působení elektrodynamických sil. Průchodem proudu ať už provozním nebo zkratovým vzniká tepelné namáhání.

Místo kontaktního styku je nejvíce namáhané místo. Volíme se tak, aby byly zajištěny co nejlepší podmínky kontaktního styku. Kontakt musí přenášet elektrický proud, aniž by na něm vznikaly ztráty a nadměrně se zahříval. Musí odolávat účinkům elektrického oblouku při spínání bez ztráty spínací schopností stejně jako mechanickému opotřebení.

Na místa kontaktního styku se používá stříbra a mědi. Kontakt se postříbřuje nebo se na něj napájí kontaktní plošky ze slitiny stříbra a mědi. Proudovodná část je vyrobena obvykle z mědi a jejich slitin. Mosazi (měď a zinek) se používá pro připojovací svorky, svorníky atd..

1.2.2 Izolační části

Izolační části zajišťují upevnění proudovodných částí elektricky izolovaně od země a vodičů jiných fází mezi sebou. Ve vypnutém stavu vzájemnou elektrickou izolaci kontaktů.

Základním izolačním materiálem je vždy látka pevná, která mechanicky spojuje a elektricky odděluje proudovodné části. Protože však v přístrojích musí probíhat spínací proces je pro přibližování nebo oddalování kontaktů nutná přítomnost dalšího izolantu plynu, kapaliny nebo vakua. Rozhraní mezi druhy izolantů tvoří povrch pevného izolantu. Tento povrch bývá často nejslabším místem izolačního systému, protože na něm se hromadí nečistoty nebo sráží vlhkost, což má nepříznivý vliv na elektrickou pevnost [1].

1.2.3 Mechanismus

Ovládá a přemísťuje kontakty z polohy zapnuto do polohy vypnuto případně naopak. Je to systém pák a zámků, který přenáší přítlačnou sílu na rameno kontaktu. V zapnuté poloze zajišťuje dostatečný přítlak kontaktů. K mechanismu patří také nosný část, která drží jednotlivé spínací póly. U drobných jističů bývá izolační, u větších typů to může být kovový nosný rám. Mechanismus by měl splňovat funkci okamžitého zapnutí, vypnutí a funkci volného rozpojení.

Mechanismus okamžitého zapnutí a vypnutí je mechanismus s vlastností, kde spínání kontaktů dochází s konstantní rychlostí, nezávisle na rychlosti pohybu hlavní ovládací páky. Hlavní páka

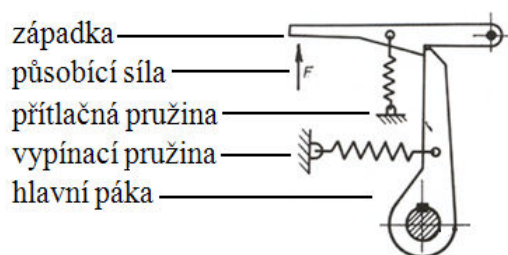
natáhne ovládací pružinu, jejíž nasrádaná energie následně uvede kontaktní systém do pohybu s rychlostí, danou konstruktérem nezávisle na rychlosti ovládací páky. Takto je úplně odstraněn vliv rychlosti ovládací páky na rychlosti pohybu kontaktního mechanismu.

Mechanismus volného rozpojení umožňuje jističi kdykoli vypnout, dokonce i během zapínání. Rozpojení je provedeno pomocí mechanického zámku pracujícím na principu prolomených pák nebo západkového mechanismu.

1.2.4 Zámky a volnoběžky

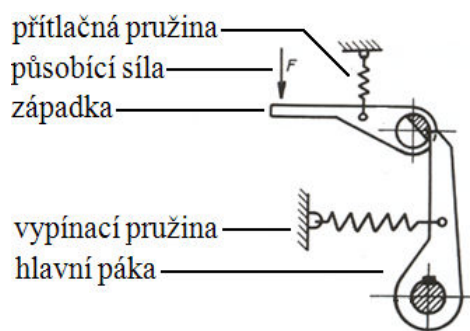
Je systém pák nebo západek držící kontaktní mechanismus jističe. Pokud je mechanismus v zapnuté poloze blokuje energii v mechanismu. Pro vypnutí a uvolnění energie je potřeba tuto polohu zrušit a to buď ručně, nebo pomocí spouště. Spojením několika jednoduchých zámků a západek dohromady vzniknou volnoběžky. Konstrukce je taková, aby i malá síla stačila k uvolnění vypínacího mechanismu.

Zámek pomocí západek



Obr. 1 – Konstrukce zámku pomocí západky

Pružina drží západku obr. 1, kterou hlavní páka při zapínání nadzvedne dokud se nedostane do zamčené polohy. Začne-li působit síla F nadzvedne západku a vypínací pružina přitáhne hlavní páku.

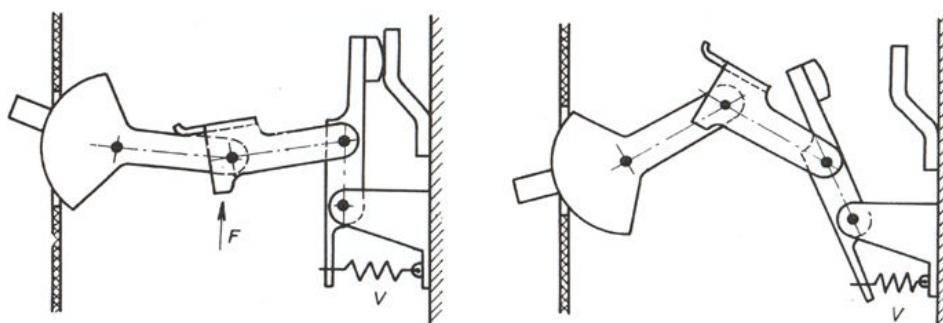


Obr. 2 – Konstrukce zámku pomocí otočné západky

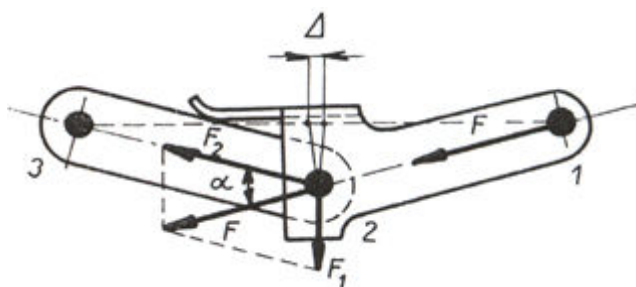
Obdobně funguje mechanismus na obr. 2 kde je páková západka nahrazena západkou hřídelovou. Působením vypínací síly F se zbroúšená hřídel pootočí a vypínací pružina přitáhne hlavní páku spojenou s pohyblivými kontakty a dojde k vypnutí.

Aby byly takto provedené zámky citlivé a vybavovací síla nemusela být příliš velká, provádí se přesah stykových ploch západky co nejmenší. Přesah nesmí být příliš malý, protože pak by mohlo dojít k vybavení provozními otřesy.

Zámek pomocí prolomených pák



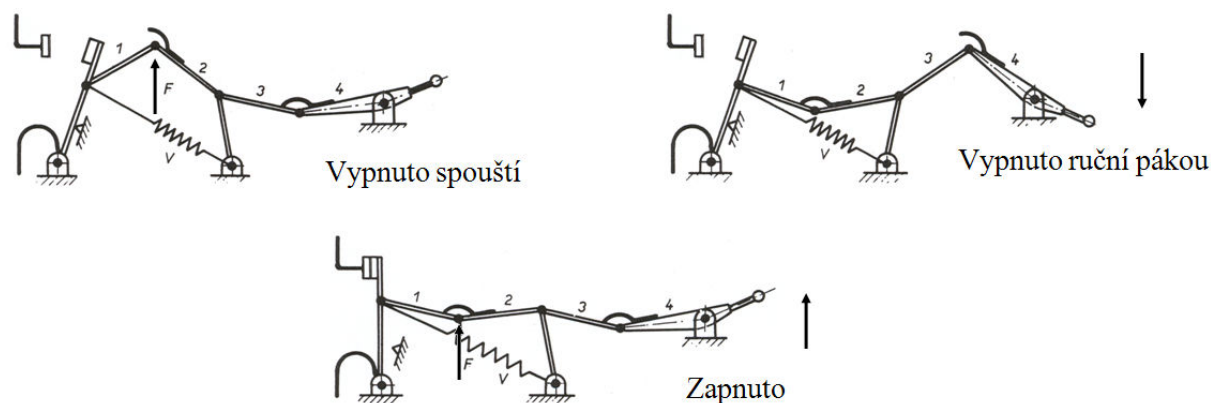
Obr. 3 – Konstrukce zámku z prolomených pák



Obr. 4 – Směry působení sil v prolomených pákách

Při zapnuté poloze jsou paky konstruovány tak, aby byly mírně prolomeny do mrtvé polohy. Čím větší je prolomení tím větší je potřebná vybavovací síla F pohybu prolomených pák. Následkem je delší vybavovací čas kontaktů a pomalejší vpínání. Aby nastalo vypnutí musí začít působit síla F na prostřední kloub tak, že nastane prolomení za mrtvou polohu a dojde k prolomení pák. Pružina V přitáhne kontakt ten se oddálí a změní polohu ovládací páčky.

Volnoběžky ze dvou vzpěr



Obr. 5 – Princip volnoběžky ze dvou vzpěr

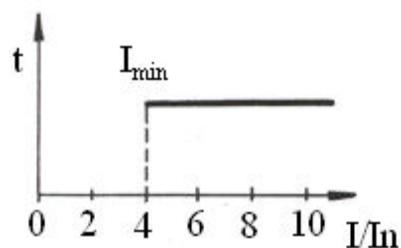
V zapnuté poloze jsou všechny páky prolomeny. K oddálení kontaktů dojde pokud začne působit síla F mezi pákami 1, 2 tak ze prolomení pák se dostane za mrtvou polohu a následně zapůsobí vypínací pružina V . Páky 3, 4 zůstanou v původní prolomené poloze. Pro zapnutí musíme páku 4. nejdříve zatlačit do polohy vypnuto a potom pohybem do zapnuté polohy zapneme. U ručního vypnutí se páky 3, 4 prolomí z mrtvé polohy a dojde k vypnutí. Páky 1, 2 zůstávají stále prolomené. Zapnutí se provede přemístěním páky 4 nahoru. Protože se vypínací síla nepřenáší na zapínací páku, umožňuje tato konstrukce v případě zkratu prolomení pák 1, 2 nezávisle na držení páky 4.

1.2.5 Spouště

Spouště reagují na poruchové stavy v jistěném obvodu a přímo mechanicky ovládající zámky a volnoběžky v jističi. Základní typy spouští jsou mechanické, elektronické či mikroprocesorové. U nízkonapěťových jističů obvykle dochází k vypínání elektromagnetickou nadproudovou spouští nebo tepelnou spouští při poruchových stavech v podobě zkratů nebo nadproudů vyvolané poruchovým stavem spotřebičů v síti.

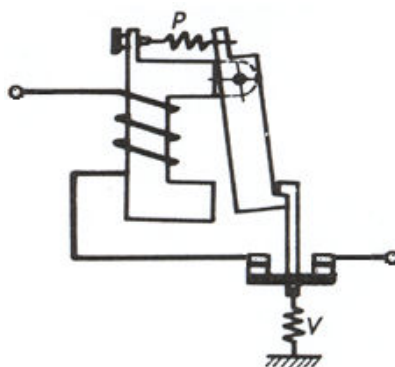
Elektromagnetická spoušť

Je tvořena elektromagnetem (cívka s jádrem). V případě elektromagnetické spouště je vnutí elektromagnetu přímo zapojeno do obvodu. Ve chvíli, kdy je překročena minimální hodnota násobku jmenovitého proudu, vznikne elektromagnetická síla, která přitáhne pohyblivou část a dojde k zapůsobení. Spoušť zareaguje podle velikosti násobku proudu vždy ve stejný čas a tzv. časově nezávislá.



Obr. 6 – Časová charakteristika elektromagnetické spouště

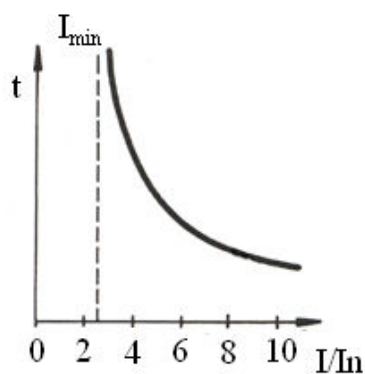
Princip působení mžikové spouště je na obr. 7. Kotva s funkcí zámku drží kontakty v zapnutém stavu. Ve chvíli kdy proud obvodem vyvolá sílu potřebnou k přitažení kotvy kotva přitáhne, pružina V přitáhne a vypne kontakty. Obvodem přestane téci proud.



Obr. 7 – Princip působení mžiké spouště

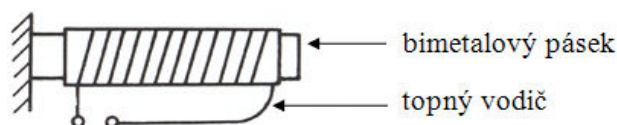
Telená spoušť

Vychází z principu tepelných účinků elektrického proudu při průchodu vodičem. Je to obvykle bimetal tvořený ze dvou podélně spojených kovových pásků přímo, nepřímo či kombinovaně vyhřívaný. Kde každá vrstva má jiný součinitel délkové roztažnosti. Při zahřívání se vrstva s větším součinitelem délkové roztažnosti roztahuje více než druhá a nastává ohyb. Při průchodu jmenovitého proudu vodičem se pásek vlivem tepla sice ohřívá, ale nemění svůj tvar. Pokud začne obvodem protékat nadproud dojde k vyhřívání bimetalového pásku a vznikne ohyb do takové míry, že vzniklá síla uvolní zámek. Závisle na velikosti přetížení se mění prodleva v době vypnutí. Čím je větší přetížení tím rychleji zapůsobí. Malé přetížení snese zařízení po dlouhou dobu naopak velké jen krátce. Spoušť nazýváme tzv. časově nezávislou, protože její funkce závisí na době průchodu a velikosti proudu.

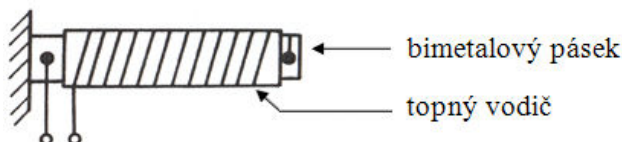


Obr. 8 – Časová charakteristika tepelné spouště

Ohřívání pásku pomocí ovinutého topného vodiče kolem bimetalového pásku používáme u malých proudů. V jističích vypínací proudy menší než 6A už samotný proud nestačí k ohřevu pásku se používá topný vodič.



Obr. 9 – Ohřev bimetalového pásku topným vodičem

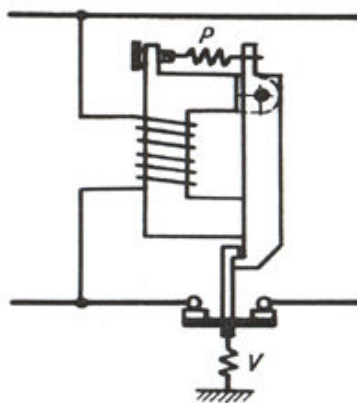


Obr. 10 – Ohřev bimetalového pásku topným vodičem
v sérii s bimetalovým páskem

Podpěťová spoušť

Je specifická pro motorové jističe a oproti tepelné a elektromagnetické zkratové nebývá standardní výbavou jističe. Princip působení vychází z působení elektromagnetické spouště kde cívka je zapojena paralelně v obvodu a provede jeho vypnutí pokud napětí sítě poklesne pod určitou hodnotu napětí sítě (zpravidla o 40% a více).

Vinutím prochází proud a kotva elektromagnetu je přitažena. Pokud poklesne hodnota napětí nebo proudu pod určitou mez, pružina P přitahuje kotvu větší silou než síla elektromagnetu, kotva odpadá a vypínací pružina V oddálí kontakty.



Obr. 11 – Princip působení podpětové spouště

Elektronická spoušť

Přesným transformátorem proudu je velikost proudu transformována a elektronicky vyhodnocena. Při překročení nastavených hodnot je vyslán impuls k vybavení spouště. Elektronické spouště umožňují velký rozsah v nastavení vypínacích charakteristik jističů (vybavovací proudy, doby při změně parametrů do vypnutí v závislosti na velikosti proudu).

1.2.6 Zhášedla

Každý jistič je schopen vypnout při daném napětí jen proud určité velikosti. Jmenovitý vypínací proud vypínače je krajní proud, který jistič ještě vypne a určuje jeho vypínací schopnost. Vypínací schopnost prosté kontaktní soustavy v normálním ovzduší je nízká, jen několik desítek či stovek ampérů podle velikosti napětí. Většího vypínacího proudu a zkrácení doby hoření oblouku dosáhneme pomocí zhášedel. Zhášedlo je zařízení, ve kterém působíme na oblouk tak, aby i při velkých proudech uhasnul co nejrychleji (během jedné, nejvýše několika málo setin sekundy). Účelem je intenzivní deionizace dráhy oblouku.

Při vypínání střídavého proudu oblouk sám uhasíná při průchodu proudu nulou. Pro úspěšné vypnutí je potřeba rychlé obnovení elektrické pevnosti v mezi-kontaktním prostoru, než rychlost růstu zotaveného napětí. U střídavých vypínačů při vypínání dochází k intenzivní výměně izolačního prostředí mezi kontakty a tím potřebné deionizaci mezi kontaktního prostoru po průchodu proudu nulou. Způsobů a konstrukcí pomocí kterých docílujeme vypnutí střídavého proudu je několik. Mezi základní typy patří maloolejový, tlakovzdušné vypínače s plynem SF_6 a vakuový.

Při vypínání stejnosměrných proudů hoří elektrický oblouk mezi kontakty, abychom vypnuli je potřeba zvýšit jeho elektrický odpor a zároveň na něm vznikne větší úbytek napětí. Následkem toho je zmenšování procházejícího proudu obvodem a uhasínání oblouku. Zvětšování odporu oblouku

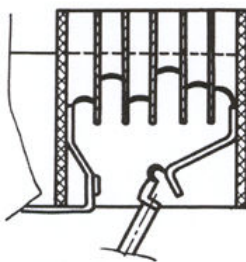
provádíme jeho chlazením, zvětšováním délky a dělením na několik dílčích obloučků v sérii. Používají se šterbinové a kovové zhášecí komory.

I když lze způsoby zhášení stejnosměrného oblouku aplikovat i na střídavý proud, je tato možnost napětově omezena. Při vysokých napětích by zhášený oblouk dosahoval velké délky, že konstrukce vypínače by nabývala velkých rozměrů a byla neekonomická. Avšak jističe nn mají stejnosměrnou koncepci zhášení elektrického oblouku, kdy právě díky ní dokážou uhasit elektrický oblouk ještě před dosažením maximálních hodnot zkratového proudu a tak lépe ochránit jištěná zařízení.[1]

1.2.7 Kovové zhášecí komory

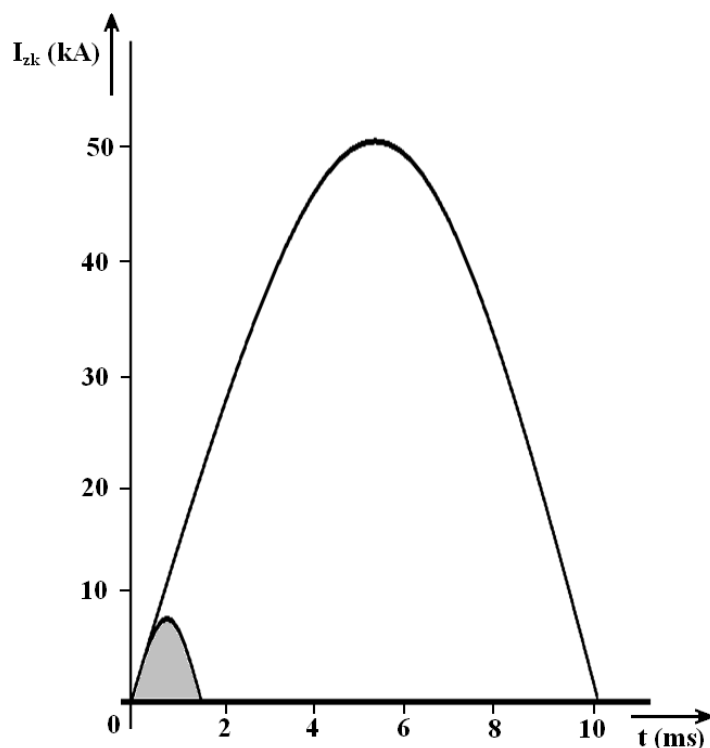
V kovové zhášecí komory můžeme rozdělit na dva typy podle hustoty roštu. Jsou vesměs provedeny jako roštové, kdy do izolačního pouzdra jsou vložena kovová příčná žebra. Komory s řidším roštem jsou běžné u jističů nn. Velmi hustého roštu používal magnetický vypínač na vysoké napětí.

Při vypínání je vzniklý elektrický oblouk vtážen účinky elektrodynamických sil vyvolanými proudovou smyčkou v součinnosti s ocelovými deskami roštové zhášecí komory zaveden do zhášedla. O desky příčné desky kovové zhášecí komory je oblouk rozdělen na několik obloučků v sérii. Nárůst odporu daný odporem série obloučků omezí nárůst zkratového proudu a dalším nárůstem odporu oblouku vede k jeho uhasnutí.



Obr. 12 – Princip kovové zhášecí komory

Na obr. 13 tmavší část vyznačuje průchod omezeného zkratového proudu a světlejší teoretický průběh.



Obr. 13 – Závislost omezení zkratového proudu

1.2.8 Výzbroj

Výzbroj (ověšení) tvoří zpravidla přídavná zařízení a přístroje. Je to ta část jističe, bez které jistič může vykonávat svou funkci a tvoří jen jeho doplnění a rozšíření o další funkce.

Mezi výzbroj patří:

1. pomocné signální kontakty pro signalizaci stavu,
2. dálkové spouště (elektromagnetické) a pohony (ruční, strojní),
3. přímé nadproudové (tepelné, elektromag.) nebo podpět'ové (elektromag.) spouště,
4. podvozek s pohybovým příslušenstvím a různé druhy krytů.

1.3 Vypínací charakteristika

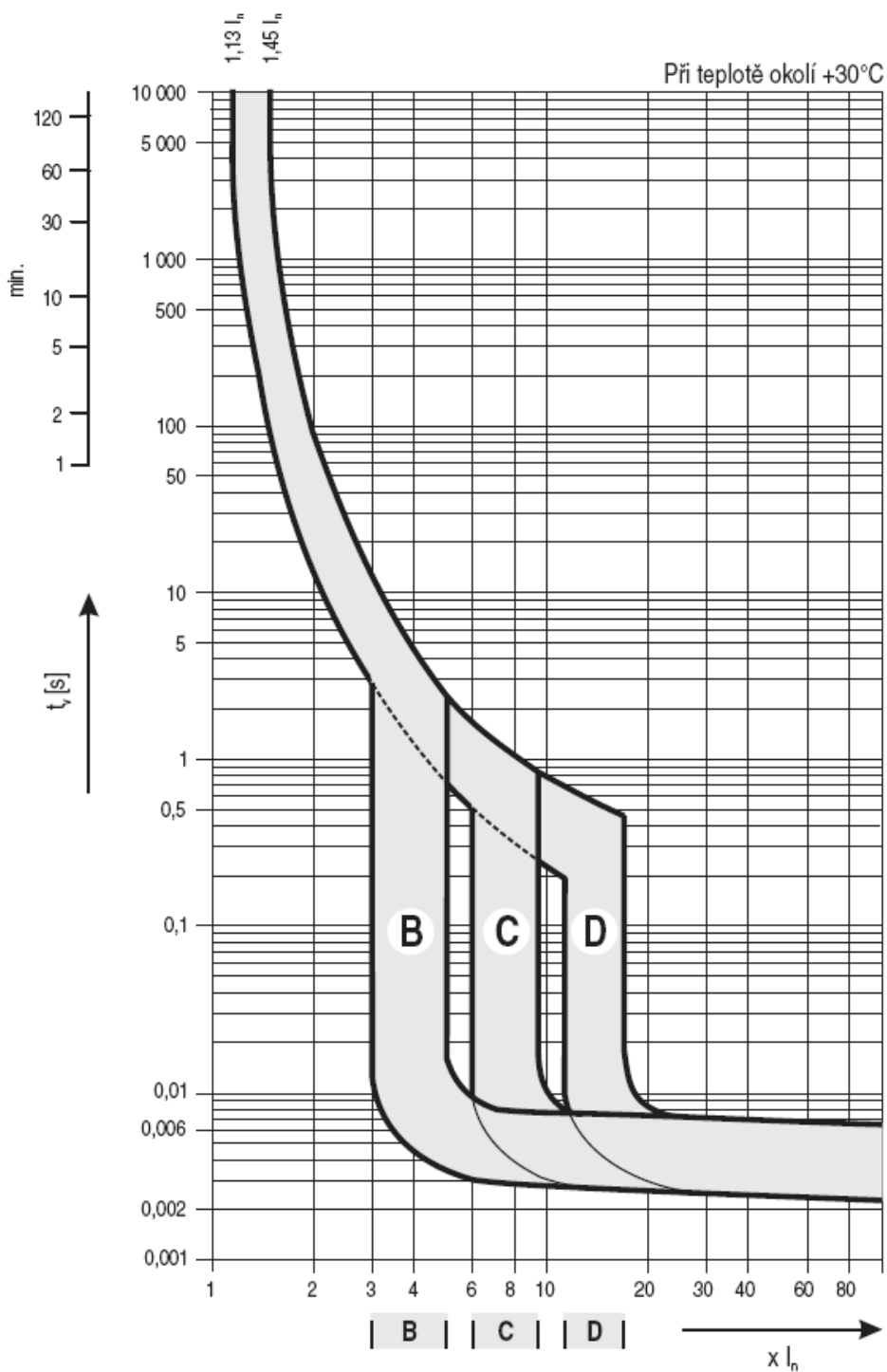
Kombinováním tepelných a elektromagnetických spouští se snažíme ideálně jistit. Vypínání malých nadproudů od 1.2 násobku jmenovitého proudu je učena tepelná spoušť. Elektromagnetická spoušť chrání před zkraty a většími násobky proudu. Výslednou kombinací obou spouští je pak vypínací charakteristika. Pro jištění elektrických obvodů podle způsobu chování zařízení, která jsou v něm zapojená rozlišujeme tři druhy vypínacích charakteristik B, C, D.

B: nezpůsobují proudové rázy (světelné a zásuvkové obvody apod.).

C: způsobují proudové rázy (žárovkové skupiny, motory apod.).

D: vysoké proudové rázy (transformátory, 2-pólové motory apod.).

Nastavení elektromagnetické spouště podle násobku jmenovitého proudu u jednotlivých charakteristik je B – 3 až 5 I_n , C – 6 až 9 I_n , D – 12 až 16 I_n .



Obr. 14 – Vypínací charakteristiky jističů OEZ Letohrad - LSN do 63 A (10 kA)

2. Konstrukční rozdělení jističů podle velikosti

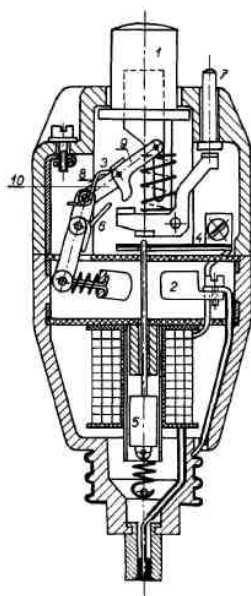
Vzduchové jističe nn se vyrábí od proudů jednotek ampér do proudu několika tisíců ampér. Podle přenášeného proudu je můžeme rozdělit na jističe:

malé – do 63 A; střední – 100 až 630 A; velké – 1000 A a více

Počet vyráběných kusů se s rostoucím jmenovitým proudem zmenšuje. Nejvíce se vyrábí malé jističe, které se používají k jištění bytových rozvodů, světelných obvodů, menších motorů a jiných spotřebičů. Tyto obvody jistí jak proti nadproudu, tak proti zkratu, podobně jako pojistky. V porovnání s pojistkami mají především výhodu opakované funkce bez jakékoli výměny [2].

2.1 Zátkové jističe

Přímou záměnnost jističe za pojistku umožňuje jistič zátkový obr. 15, tvarovaný a upravený tak, aby jej bylo možné zašroubovat místo pojistkové hlavice E27 do pojistkového spodku. Staví se do proudu 16A, zapínají se knoflíkovým tlačítkem 1, umístěným na čelní straně izolačního pouzdra. V pouzdře je vestavěna můstková kontaktní soustava 2, jednoduchá volnoběžka 3, dvojkovová spoušť 4 a zkratová spoušť 5. Vypnutí provede zkrutná pružina 6 po stlačení menšího tlačítka 7, kterým se vybavují zakloubené páky volnoběžky. Pružina 8 vrátí po vypnutí prolomené páky do zakloubené polohy a tlačítko 1 do (zakreslené) vypnuté polohy a připraví jistič pro nové zapnutí. Tlačítko 1 proto svou polohou indikuje funkční stav jističe. V zapnuté poloze je jistič zajištěn přesunutím čepu páky přes mrtvou polohu kulisy 10. [2]



Obr. 15 – Zátkový jistič



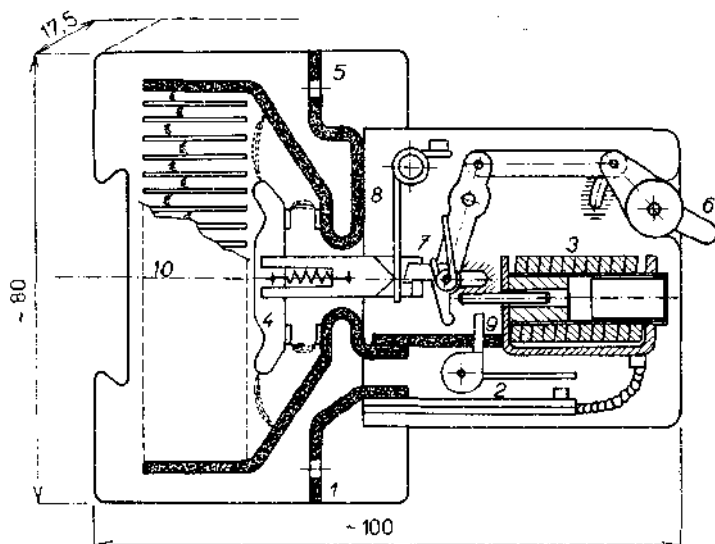
Obr. 16 – Jistič S 111 S - L firmy ABB

2.2 Malé jističe

Výkonnější než zátkové jističe jsou malé jističe. Evropští výrobci je nyní dodávají v jednotné šířce 17,5 mm na pól. Používá se buď jednoduchá, nebo můstková kontaktní soustava, tj. buď s jedním, nebo dvojím přerušením proudové dráhy. Materiálem kontaktu bývá převážně slitina stříbra s omezeným množstvím teplotně odolné složky, jako je CdO, C, Ni nebo W. Kontakty zejména můstkovém provedení mají malou hmotnost, takže dovolují velkou vypínací rychlost. Dosažení velké vypínací rychlosti podporuje vystřelovací cívka. Je to upravená zkratová spoušť, která nejen vybavuje volnoběžku jističe, ale také následkem přímého mechanického spřažení s pohyblivým kontaktem urychluje jeho oddálení od pevného kontaktu. Podmínkou je tak rychlá činnost, aby oblouk zapálil v době kratší než 5 ms od vzniku zkratu. Je-li takto vybavený jistič doplněn zhášecí komorou, jejíž počet n ocelových roštových přepážek je při fázovém napětí U , dán vztahem $n \geq 0,05 U$ (na dílčí oblouček tedy připadá napětí nejméně 20 V), může vykazovat omezovací účinek. To znamená, že proud obvodu následkem rychle narůstajícího odporu oblouku na velkou hodnotu nejen nedosáhne své plné amplitudy, ale velmi rychle se pak zmenšuje až na nulu. Tímto opatřením se vypínací výkon jističe značně zvětší. [2]

Nebo z opačného pohledu: takto lze miniaturizovat jistič z hlediska vypínacího proudu. Zpravidla se maximální propuštěná špička při vlastních dobách (tj. dobách do zapálení oblouku) kolem 2 ms pohybuje kolem 30 % amplitudy vypínaného proudu. Tak lze zvětšit jmenovitý vypínací proud malého jističe z dosavadních 3 kA až na hodnotu 10 kA. [2]

Příklad provedení moderního jističe je na obr. 17 a 18. Proudovou dráhu tvoří svorka 1, dvojkov nadproudové spouště 2, vinutí zkratové spouště 3, můstkový kontakt 4 a svorka 5. Vybaví-li nadproudová spoušť nebo zkratová spoušť nebo obsluha ruční pákou 6 (přes jednotlivé elementy volnoběžky) západku 7, převede rameno zkrutné pružiny 8 kontaktní můstek 4 do vypnuté polohy. Při zkratu urychluje pohyb můstku nárazník 9 jádra elektromagnetické spouště 3. Elektrodynamické síly vyvolané proudovou smyčkou v součinnosti s ocelovými deskami roštu 10 zavedou oba vytvořené oblouky do zhášecí komory, kde se na deskách roštu rozčlení na n obloučků v sérii. Rychle narůstající odpor série obloučků omezí nárůst zkratového proudu a zmenší jej až na hodnotu, při níž následkem labilizace (tj. stavu, kdy rekombinační pochody převládnu nad pochody ionizačními) oblouk samovolně zanikne. [2]



Obr. 17 – Řez malým jističem nn



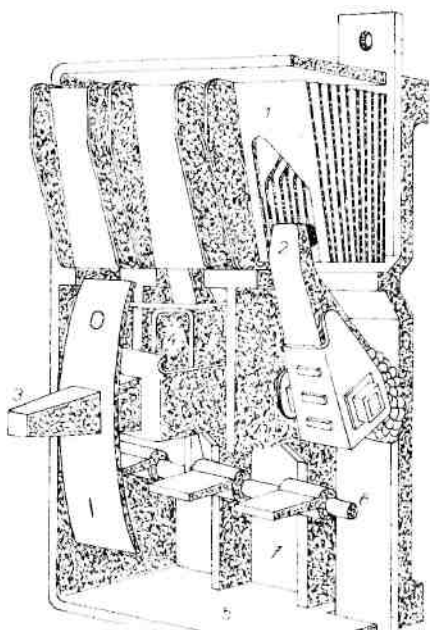
Obr. 18 – Jistič LSN firmy OEZ Letohrad

Novodobé konstrukce jističů všech velikostí mívají zhášecí cívky jen u provedení na stejnosměrný proud. K vybuzení dostatečného vyfukovacího magnetického pole u střídavých jističů stačí ve spojení s ocelovou roštovou komorou vlastní smyčka proudové dráhy, jako jednopólové se staví jen jističe malé (instalační), jinak se jističe (včetně malých) stavějí jako vícepólové, převážně trojpólové celky. U vícepólového provedení je volnoběžka společná pro celou soustavu. U malých jističů bývají nadproudové spouště, zpožděná i zkratová, pevně nastaveny na určitou hodnotu; podpět'ová spoušť se používá jen výjimečně. Ovládání jističů je jen ruční. U středních a velkých jističů se používají spouště nastavitelné v určitém proudovém rozmezí a montují se buď do všech tříd, nebo jen do dvou fází; podpět'ová spoušť je častější. Jističe lze doplnit zapínacím pohonem elektromagnetickým, střádačovým nebo tlakovzdušným a používat je pro dálkové ovládání. V takových případech bývají zároveň vybaveny pomocnou kontaktní soustavou pro signalizaci stavu do velínu, pro nastavení pomocných a ovládacích obvodů celého zařízení do souhlasu s polohou kontaktů jističe a také pro blokování. Proto je ovládání pomocného spínače odvozeno přímo mechanicky od pohyblivého ústrojí jističe. [2]

Kontakty středních a velkých jističů jsou zpravidla palcové s čelním stykem. Kontaktním materiálem je buď měď (kontakt má pak smykový dosed), nebo stříbro ztužené odolnou složkou. Větší přístroje mívají dvojdílnou kontaktní soustavu, hlavní a opalovací. Hlavní kontakty, převážně ze stříbra, jsou dimenzovány na trvalý přenos jmenovitého proudu a krátkodobé zatížení zkratovým proudem. Opalovací kontakty musí odolávat účinkům oblouku při provozním i zkratovém vypínání i zapínání. Při zapínání do zkratu nesmí dojít k jejich svaření. Kontakty jsou upraveny tak, aby byly snadno výměnné. Vyrábějí se z materiálu spékanych na bázi mědi či stříbra. Jsou teplotně ztuženy odolnými složkami. [2]

2.3 Střední jističe

V poslední době se stále častěji vyrábějí i jističe střední velikosti jako vypínače omezovací. Tento způsob vypínání nejen dokonaleji jistí vedení proti účinkům velkých nadproudů, ale představuje stejně jako u malých jističů hospodárné řešení z hlediska rozměrů i spotřeby materiálu. Příklad trojpólového středního jističe klasického provedení s jednoduchou kontaktní soustavou je schematicky znázorněn perspektivním pohledem na obr. 19, zhášecí komora 1 má prostřídané výřezy ocelového roštu, do kterých zasahuje měděný pákový pohyblivý kontakt 2 s napájenou kontaktní destičkou a vybíhající v krátký opalovací růžek. Ruční páka 3 ovládá vypínací pružinu blokovanou v zapnuté poloze volnoběžkou 4. Spouště (nekreslené) jsou umístěny v prostoru 5 a působí na vybavovací hřídel 6 průběžný přes všechny tři póly. Nos 7 hřídele vybavuje zakloubení pák volnoběžky. Na obr. 4 je uspořádání jističe střední velikosti v omezovacím provedení. Tímto přístrojem lze kromě běžného vypínání pružinou (po vybavení volnoběžky spouští) přímo oddálit kontaktní můstek 1 působením s ním spojené kotvy elektromagnetu 2 buzeného proudem jističe. Přestoupí-li proud určitou velikost (zpravidla kolem 15násobku jmenovitého proudu), kotva a s ní spojený kontaktní můstek se během doby kratší než 1 ms oddálí od pevných kontaktů 3 o několik milimetrů. Oba oblouky, které při oddálení můstku zapálí, vniknou okamžitě působením magnetického pole proudové cívky do zhášecích komor 4, kde se rozčlení na několik obloučků v sérii. Jejich prudce narůstající odpor omezí zkratový proud a vyvolá jeho zánik. Aby kontaktní pružiny 5 nezpůsobily po rychlém zániku proudu vrácení můstku 1 do zapnuté polohy, musí dojít k současnému vybavení volnoběžky, umístěné spolu s nadproudovými a zkratovými spouštěmi v prostoru 6, a tím k uvedení v činnost vypínací pružiny, která můstek zachytí a dokončí vypínací pohyb. [2]



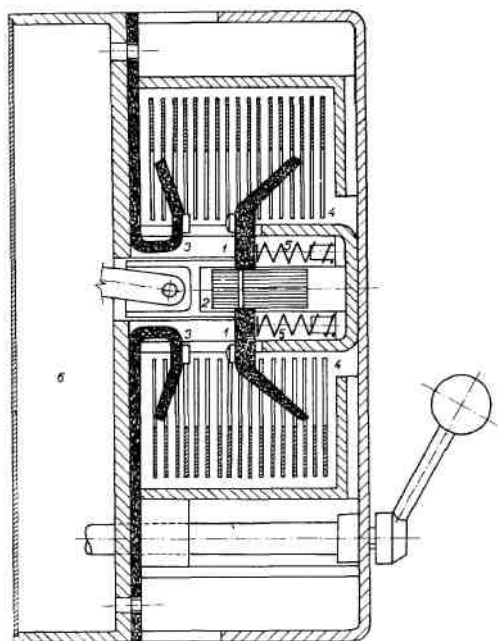
Obr. 19 – Trojpólový jistič nn střední velikosti



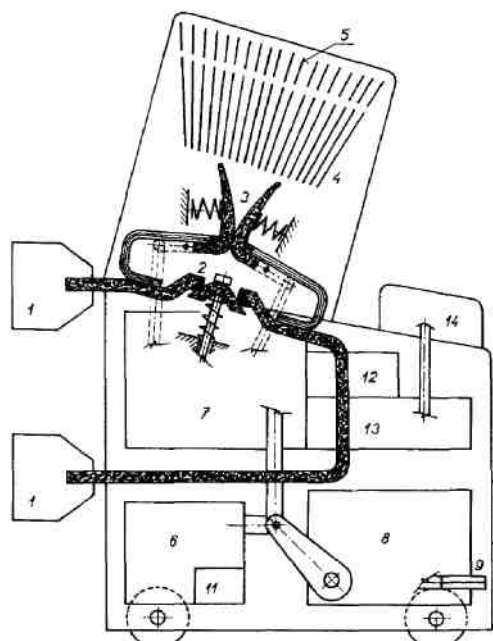
Obr. 20 – Kompaktní jistič Modeion BH630
firmy OEZ Letohrad

2.4 Velké jističe

Protože s rostoucí velikostí jmenovitého proudu se počet potřebných kusů zmenšuje, vyrábějí se již poměrně malá množství velkých jističů na jmenovité proudy 1 000 A a větší. Jejich vypínací proud dosahuje u některých provedení až (v obvodech nn) krajní možné velikosti 100 kA. Vzhledem k rozměrům a hmotnosti se velké jističe stavějí zpravidla v podvozkovém rámu s násuvnými připojovacími kontakty, tj. jako snadno výměnný článek skříňového rozváděče. Jinak se provedením od jističů střední velikosti příliš neliší: V rámu nesoucím hlavní a opalovací kontaktní soustavy všech tří fází se zhášecími komorami s ocelovým roštem jsou zase vestavěny: volnoběžka a vypínací pružiny, nadproudové spouště napájené přes proudové transformátory, zkratové spouště a téměř vždy strojní pohon, nejčastěji motorový střádačový. Případná ruční ovládací páka je vázána se strojním pohonem tak, aby při ruční manipulaci bylo dálkově ovládané strojní zapínání blokováno. Příklad funkčního uspořádání takového velkého jističe je na obr. 22. [2]



Obr. 21 – Střední jistič nn v omezovacím provedení



Obr. 22 – Velký jistič nn



Obr. 23 – Velký jistič ARION WL, firmy OEZ Letohrad. Výsuvné provedení do 3600 A

Proudová dráha umístěná v horní části skříňového rámu je zakončena na vývodních koncích svislými připojovacími praporce *1*. Hlavní kontakty *2* jsou můstkové. Opalovací kontakty *3* jsou připojeny paralelně k hlavním kontaktům ohebnými měděnými pásky tak, že vytvářejí proudovou smyčku, jejíž magnetické pole vhání oblouk do zhášecí komory. Zhášecí komora s ocelovým roštem *4* je v horní části vybavena chladičem *5* horkých obloukových plynů. Zapínání i vypínání je mžikové. Zapínání koná pružinový střadač *6* prostřednictvím pákového převodu a volnoběžky *7*. Pružinový střadač se napíná elektromotorkem přes převodovou skříň *8* automaticky bezprostředně po každém vypnutí jističe během asi 15 sekund. Z převodové skříně je proti otvoru v čelní stěně vyveden hřídel *9* pro nasazení kliky nouzového ručního pohonu. [2]

Zapnutí jističe (uvolnění střadače) se koná buď mechanicky tlačítkem (zelené barvy) umístěným na panelu *10* čelní stěny jističe, nebo dálkově zapínacím elektromagnetem *11*, připevněným na střadači. Vypnutí, tj. vybavení vypínacích pružin všech tří fází, lze opět konat buď vypínacím (červeným) tlačítkem na panelu *10*, nebo dálkově pomocí elektromagnetické spouště *12*. Nadproudové jištění je samostatné pro každý pól. Zkratové spouště *13* působí mechanicky přímo na zámek volnoběžky *7*. Před zhášecími komorami jističe jsou pod krytem umístěny pomocné kontakty *14*, které nuceně kopírují polohu hlavních kontaktů, tj. jejich zapnutý či vypnutý stav. [2]

2.5 Jističe na stejnosměrný proud

Jističe na stejnosměrný proud se na tak velké proudy jako jističe střídavé nestaví. Samostatné konstrukce se realizují nejčastěji jako dvupólové, s jedním přerušením v každé větvi vedení. Pro vypínání stejnosměrného proudu se hodí i trojpólové vypínače střídavé, pokud mají dostatečně dimenzovanou zhášecí komoru a účinnou vyfukovací soustavu. Pokud tomu tak není, je nutné jistič doplnit, popř. kovovou roštovou komoru nahradit vhodnou izolační komorou. Všechny tři póly se zapojují do série. Špičkových vypínacích výkonů se při stejnosměrném proudu dosahuje *rychloupínači*, které se stavějí jako jednopólové jednotky. Činnost stejnosměrných rychloupínačů, tj. vypínačů s omezovacím účinkem. [2]

3. Pojetí spolehlivosti v elektrotechnických systémech

3.1 Definice spolehlivosti

„Spolehlivost je pravděpodobnost, že činnost zařízení bude během určené doby a v daných provozních podmínkách přiměřená účelu zařízení“. Tuto definici dnes uznává většina odborníků ve spolehlivosti a můžeme ji tedy považovat za obecně uznávanou. [3]

V současné době se zavádí komplexnější pojetí spolehlivosti: Spolehlivostí rozumíme jisté vlastnosti výrobku, které zaručují splnění požadavků kladených na jeho řádnou činnost za daných pracovních podmínek. Jde tu zejména o provoz bez poruch, opravitelnost, udržovatelnost, skladovatelnost apod. Kvantitativně se spolehlivost určuje různými číselnými charakteristikami. [3]

Všimněme si, že v definici jsou zdůrazněny čtyři základní pojmy: pravděpodobnost, přiměřená činnost, doba a provozní podmínky. Tito čtyři činitele jsou velmi důležití a každý z nich hraje důležitou roli. [3]

Pravděpodobnost, první základní pojem z definice spolehlivosti, má kvantitativní charakter, neboť je vyjádřena jako číslo (zlomek nebo procento). Pravděpodobnost udává podíl součtu případů, v nichž můžeme očekávat při pokusu nějakou událost, k celkovému počtu pokusů. Tak např. tvrzení „pravděpodobnost P , že zařízení snese 50 hodin činnosti bez poruchy, se rovná 0,65 nebo 65 %“ znamená, že pouze v 65 ze 100 případů můžeme očekávat, že nedojde během 50 hodin činnosti k žádné poruše. [3]

Přiměřená činnost je druhý základní pojem z definice spolehlivosti, který již svým názvem ukazuje, že musí být stanoveno kritérium jasně specifikující, popisující nebo definující, co je považováno za uspokojivou činnost. Představme si např., že se porouchá jedna ze zapalovacích svíček osmiválcového automobilového motoru; motor může v tomto případě klepat, avšak bude dále fungovat. Činnost zde můžeme považovat za přiměřenou, dojede-li automobil v předepsané době na místo určení. Když se však zcela porouchá motor, nebo když jen sotva funguje, potom nesporně nemůžeme považovat tento stav za přiměřenou činnost. [3]

Třetí základní pojem z definice spolehlivosti, doba, je jedním z nejdůležitějších, neboť vyjadřuje časový interval, v kterém můžeme očekávat určitý funkční stav. Časové závislosti jsou základní koncepcí spolehlivosti; bez znalosti pravděpodobnosti bezporuchové činnosti v daném čase totiž nemůžeme určit pravděpodobnost úspěšného splnění úkolu, jehož trvání je vymezeno. [3]

Provozní podmínky, které předpokládáme pro uvažované zařízení, jsou čtvrtým zásadním pojmem z definice spolehlivosti. Zahrnujeme sem mimo jiné takové typické činitele, jako je teplota, vlhkost, nárazy a chvění. Zkušenosti potvrzují, že každý z těchto činitelů má určitý vliv na činnost zařízení. Je tedy nutné zahrnout je do specifikací spolehlivosti. V opačném případě by totiž byla definice spolehlivosti relativně bezvýznamná. [3]

3.2 Definice jakosti

Uvedeme si obvyklou definici jakosti:

Jakost výrobku je stupeň upotřebitelnosti výrobku k plnění určeného úkolu a souladu jeho provedení s normami. [3]

Dnešní pojetí jakosti výrobku:

Jakost výrobku je dána souhrnem vlastností, zejména funkčních vlastností, vzhledu, spolehlivosti a životnosti, jestliže předpokládáme jeho používání k funkci, pro kterou je určen, při stanovených podmínkách. Stanovení vlastností výrobku musí vycházet ze současného vývoje techniky a dbát na národohospodářské požadavky. [3]

V tomto pojetí je tedy i spolehlivost výrobku zahrnuta do jeho jakosti.

Ve specifikacích jakosti výrobku zpravidla neuvažujeme časové závislosti, jak je tomu běžně ve specifikacích na spolehlivost. Specifikace jakosti většinou obsahují technické podmínky kladené na výrobek nebo obsahují popis zkoušek, při kterých musí výrobek obstát, bez uvažování časových závislostí. [3]

V elektronickém průmyslu je mnoho různých norem, určujících technické podmínky výrobku a třídících vady výrobku z hlediska jakosti. Vady se zpravidla rozdělují na hrubé, podstatné a nepodstatné. Tohoto třídění se používá pro různé kategorie vad, jako jsou vady pájení, vady zapojení, vzhledové vady apod. U pájení např., nespájený nebo „studený“ spoj považujeme zpravidla za hrubou vadu, kdežto nedostatečné propájení může být označeno za nepodstatnou vadu. Je tedy zřejmé, že jakost je relativním měřítkem, neboť je určena normami a dohodami platnými pro ten či onen typ výrobku. [3]

Zkušenost ukázala, že dobrá jakost je podstatnou složkou vysoké spolehlivosti, neboť špatné provedení může zkrátit dobu života výrobku a mít tak nepříznivý vliv na jeho spolehlivost. [3]

3.3 Důležitost spolehlivosti

V dnešní době rozvoje vědy, kdy se používají rozsáhlá a složitá zařízení pro vojenské i vědecké účely, se stává vysoký stupeň spolehlivosti naprostou nutností. Selhání zařízení v kritickém okamžiku je vážným nebezpečím, ohrožujícím jak majetek, tak i lidské životy a národní bezpečnost. [3]

Za starých časů byly zbraně poměrně jednoduché. Meč se skládá v podstatě z jediného kusu kalené ocele a jeho zlomení v bitvě mělo vliv jen na osud postiženého bojovníka. Dneska však může mít selhání jedině řízené střely vliv na výsledek celé bitvy, zvláště měla-li tato střela zničit strategický cíl. Dnešní zbraně na rozdíl od meče, se skládají z tisíců drobných součástí vytvářejících složitou

strukturu moderní zbraně. Porucha jediné z těchto součástí může mít a v četných případech také má nepříznivý vliv na činnost celé zbraně. U složitých zařízení, která mají být velmi spolehlivá, musí tedy vykazovat jejich jednotlivé součásti vysoký stupeň spolehlivosti. Stav techniky však často neumožňuje výrobu těchto součástí s požadovanou spolehlivostí a musíme tedy použít jiné metody na zvýšení spolehlivosti. [3]

3.4 Metody na dosažení spolehlivosti

Základní metodou na dosažení spolehlivosti výrobků je dokonalá konstrukce. V některých případech je tato cesta snadná, kdežto v jiných je nesmírně obtížná. Architekt a stavitel má poměrně snadnou práci s návrhem budovy, neboť zná dostatečné množství údajů o pevnosti stavebních materiálů. Rovněž má informace o stavbách podobných jeho návrhu. Stavitel si tedy může být jist, že budova postavená podle jeho plánů bude velice spolehlivá, neboť snese všechna uskutečnitelná zatížení, kterým může být vystavena po dlouhou dobu. [3]

Stavební inženýr navrhující visutý most má při své práci podobné výhody jako architekt. Kromě toho oba používají bezpečnostních součinitelů ve všech případech, v nichž mají nějaké pochybnosti o schopnostech některé konstrukční části, že vydrží určité zatížení. To znamená, že nedimenzují své konstrukce tak, aby snášely právě určené zatížení, nýbrž tak, aby mohly snést i zatížení větší. Některé z bezpečnostních součinitelů dosahují až čtyřnásobku ve srovnání s teoretickými požadavky. Finanční náklady bývají zpravidla jediným omezením stupně bezpečnostních součinitelů používaných ve stavebních projektech. [3]

Inženýr-elektronik se musí naopak vypořádat při konstrukci nového výrobku s celou řadou omezení. V podobném postavení je i letecký konstruktér. Mezi omezení náleží cena, váha, objem a prostorové uspořádání. Kromě toho podléhají požadavky na konstrukci neustálým změnám a údaje o spolehlivosti použitých dílčích celků a součástí nejsou vždy dostupné. Konstruktér se tu proto musí uchýlovat k zvláštním postupům a k zdoluhavým zkouškám, aby dosáhl požadovaného stupně spolehlivosti při uložených omezeních. [3]

Jeden z úspěšně používaných postupů je metoda předpovědi spolehlivosti. Jde tu o syntézu vlivů spolehlivosti různých dílů a součástí, obsažených ve vyvíjeném zařízení, a o výpočet celkové spolehlivosti, opírající se o určité statistické metody. [3]

Hlavní výhoda předpovědi spolehlivosti spočívá v tom, že konstruktér získá jasný odhad dosažitelné spolehlivosti. Rovněž může zjistit ty součásti nebo konstrukční prvky, které nepříznivě působí na spolehlivost, a může pak rozhodnout, zda je třeba používat zálohování či jiné metody pro zvýšení spolehlivosti. Při zálohování dosazujeme více než jeden prvek pro zajištění lepší spolehlivosti. Porouchá-li se jeden prvek, nastupuje na jeho místo další. Není to nikterak nová metoda. Dvojitá kola u nákladních automobilů a u podvozků letadel jsou běžnou ukázkou zálohování. Porouchá-li se jedna pneumatika, vystačíme zpravidla s druhou až do té doby, kdy můžeme opravit poškozenou.

V elektronickém zařízení můžeme použít paralelních odporů, takže při spálení jednoho odporu přebírá zátěž druhý. Zálohování je dobrá metoda, které může konstruktér používat. Je ovšem třeba, aby pečlivě uvážil všechny důsledky a zaručil, že zbývající neporušený prvek bude schopen zajistit správnou činnost a že nedojde k nežádoucím účinkům na jiné prvky zařízení, které by vyvolaly další potíže. [3]

Jiná metoda zálohování používá přepínání. Porouchá-li se původní prvek, přepne se na jeho místo záložní. Příkladem je automatická telefonní ústředna. Volí-li účastník číslo a není-li příslušný krokový volič schopen provozu, přebírá jiný volič úkol propojit hovorovou cestu. Účastník je uspokojen a nemá ani ponětí, že v ústředně došlo k poruše voliče. Touto metodou se rovněž zaručuje nepřetržitá celková spolehlivost soustav, i když je součást nebo dílčí celek ve stavu poruchy. [3]

Jiný způsob zajišťování spolehlivosti zařízení jsou mezní zkoušky. Předepisuje je konstruktér jakožto metodu předpovědi pravděpodobnosti blížících se poruch. U elektronického zařízení mohou mezní zkoušky spočívat ve zjištění chování určitých součástí při napájení nejvyšším přípustným napětím. Tímto způsobem lze vyloučit opotřebené součásti a nahradit je dříve, než se u nich projeví skutečná porucha. [3]

Při zajišťování vysoké spolehlivosti je rovněž třeba uvažovat udržitelnost. Mohou-li se rychle vyměňovat a nahrazovat díly zařízení, můžeme rychle opravit poruchu nahrazením vadné součásti nebo dílčího celku zařízení dobrým náhradním dílem. Může-li být taková náhrada provedena rychle, je zařízení dobře opravitelné a jeho pohotovost je vysoká. [3]

Promyšlená konstrukce umožňuje rychlou výměnu součástí a zaručuje tak nejkratší dobu prostojů při poruše. To znamená, že elektrické a mechanické tolerance jsou dostatečně široké, že zařízení bude pokračovat v činnosti po nahrazení součásti bez rozsáhlého nastavování a seřizování. Dále je třeba, aby se součásti daly vyměňovat rychle a bez demontáže okolních dílů. [3]

Zabudovaná zkušební zařízení jsou další účinnou metodou zajišťování spolehlivosti. U elektronických zařízení se zpravidla používá zkoušecích obvodů, umožňujících jednoduše zjistit stisknutím tlačítka, zda určitý díl pracuje či nepracuje. Prostým stisknutím tlačítka a pouhým pohledem na patřičnou kontrolní žárovku se tak rychle dozvíme o správné činnosti určitého obvodu. Potom můžeme předepsat údržbářův postup, jak zkontrolovat, zda je celé zařízení i jeho jednotlivé části v provozuschopném stavu. [3]

Jinou metodou pro dosažení vysoké spolehlivosti je tzv. zahořování. Zařízení obecně prochází při svém používání třemi samostatnými a zřetelnými obdobími. První, počáteční období se vyznačuje poměrně vysokou intenzitou poruch zařízení a tedy i zvýšeným výpadem způsobeným „dětskými nemocemi“ zařízení. V druhém období je zařízení v normálním provozu a zkušenosti ukazují, že intenzita poruch je tu konstantní. Toto období se proto rovněž označuje jako období konstantní intenzity poruch. V třetím období se již projevuje opotřebení součástí, které způsobuje rychlý vzrůst četnosti a intenzity poruch. Rychlý vzrůst těchto charakteristik spolehlivosti je tak známkou, že zařízení zestárla nebo se opotřebovalo. [3]

Zahořování používáme v počátečním období. Je to postup urychlující ukončení počátečního období tím, že výrobek necháváme v provozu, je-li třeba ve dne v noci, dokud se neprojeví všechny počáteční poruchy a nejsou odstraněny. Po zahoření předpokládáme, že je výrobek v druhém období, v období normálního provozu, v němž vykazuje konstantní intenzitu poruch a poměrně lepší spolehlivost. [3]

Zkoušení na zničení je jiná metoda vylučování možných poruch. Vycházíme tu z předpokladu, že se součást vystavená nadměrnému zatížení předčasně porouchá. A naopak, přežije-li součást tuto zkoušku, považuje se za velmi spolehlivou v méně přísných podmínkách skutečného provozu. Tato metoda se jeví jako vynikající a pravděpodobně velmi účinná pro staticky namáhané součásti. Nauka o pevnosti materiálu je vlastně založena právě na tomto pojetí. Člen nosné konstrukce, jako trám nebo příhradový nosník, zajisté snese menší zatížení, než kterým byl zkoušen. Tato metoda má však naopak pro dynamická namáhání, jako je působení opakovaného zatížení nebo chvění, pochybnou cenu, nejsou-li při zkoušce napodobeny skutečné podmínky. To platí zejména pro elektronické obvody, neboť zde poruchy nejsou vždy způsobeny zvýšeným napětím nebo jiným krajním zatížením a přesné napodobení je proto obtížné. Mnoho poruch součástí je totiž důsledkem jejich nevhodného použití a neslučitelnosti s navazujícími obvody. Pro dynamicky namáhané součásti je proto účinnost zkoušení na zničení pochybná. [3]

Jiný postup pro zajištění spolehlivosti, stanovený běžně v předpisech spolehlivosti, je vybírání součástí podle zvláštních zkoušek. Je to nákladná metoda a přitom není tak účinná, jak by se mohlo zdát. Pro většinu součástí zde provádíme stoprocentní zkoušení za mimořádných okolních podmínek. Tyto podmínky zpravidla předepisují střídání nízké a vysoké teploty, vlhkosti i vystavení součástí chvění a nárazům. Předpokládá se, že součásti, které přečkaly takové zkoušky, budou v konečném výrobku spolehlivě pracovat. [3]

Vybírání součástí má četné nevýhody, z nichž některé typické uvedeme:

1. Metoda je nákladná a má pochybnou cenu.
2. Při zkoušení součástí nejsou vždy napodobeny podmínky provozu a použití.
3. Málo známe vliv těchto přísných zkoušek na samotné součásti. Při zkoušení může ve skutečnosti dojít k částečnému opotřebení místo k zvýšení spolehlivosti. [3]

3.5 Měřítka spolehlivosti

Číselné vyjádření spolehlivosti je bezvýznamné, není-li provázeno výčtem podstatných fyzikálních podmínek a popisem prostředí, při nichž se zjišťovala spolehlivost. Spolehlivost výrobku totiž musí být udána ve vztahu k jeho provozním podmínkám, neboť při jejich změně se mění i číselné charakteristiky vyjadřující spolehlivost. [3]

Je např. klamné, inzeruje-li výrobce automobilů bez jakýchkoliv výhrad, že jeho automobily ujedou více než 100 000 mil, aniž by se musely vyměnit brzdy. Pochopitelně, zkouší-li se spolehlivost brzd na dálnicích, je třeba jen zřídka brzdít. Kdežto při zkoušce na 100 000 mil v městském provozu můžeme očekávat větší opotřebení brzd, způsobené jejich častějším používáním. [3]

Nejobvyklejší číselné charakteristiky spolehlivosti jsou intenzita poruch λ , pravděpodobnost bezporuchového provozu P_T a střední doba mezi poruchami $T_{stř.}$. Intenzita poruch se zpravidla vyjadřuje v poruchách na jednu hodinu, 100 h, 1000 h, nebo v procentech poruch na 1000 h. Pravděpodobnost bezporuchového provozu je vyjádřena jako desetinný zlomek nebo procento a udává pravděpodobnost nebo očekávaný relativní počet výrobků, které budou správně pracovat během daného časového intervalu. Je-li např. pro splnění určitého úkolu třeba 10 hodin a zkoušel-li se velký počet výrobků, z nichž všechny správně pracovaly 10 nebo více hodin, máme tu stoprocentní spolehlivost. Pracovalo-li naproti tomu po dobu 10 nebo více hodin pouze 80 % výrobků, usoudíme, že jejich spolehlivost pro daný úkol je 80 %. [3]

Střední doba mezi poruchami se vyjadřuje v hodinách. Čím větší je střední doba mezi poruchami, tím větší je spolehlivost. Jak již naznačuje název, střední doba mezi poruchami je poměr úhrnné doby zkoušky zařízení k celkovému počtu poruch. [3]

Intenzita poruch je převrácená hodnota střední doby mezi poruchami. Čím menší je číselná hodnota intenzity poruch, tím větší je tedy spolehlivost. [3]

3.6 Co považujeme za uspokojivou spolehlivost?

Spolehlivost měříme ve vztahu k uloženému úkolu. Ideálně bychom chtěli, aby bylo splnění úkolu stoprocentní, aby byl splněn ve všech případech. Avšak hlediska praxe ukazují, že tento ideál nelze vždy splnit. Příčinou mohou být konstrukční problémy, které musí být pevně rozhodnuty, nebo omezení finančních nákladů, nebo další činitele, jako je čas, váha, prostor a údržba. Konstruktor musí uvážit všechny omezující činitele, aby našel optimální podmínky pro návrh nového výrobku. Může se např. spokojit s 95 % úspěšných provedení daného úkolu, musí-li splnit rozpočtové požadavky. Nebo může připustit nejdelší prostoj, potřebný pro opravu, a považuje každou opravu provedenou během této doby za známku uspokojivé činnosti. Toto poslední pojetí obsahuje princip pohotovosti. [3]

Ve všech případech je hlavním účelem úvah o spolehlivosti zajistit úspěšné splnění úkolu. Proto je třeba jasně popsat uložený úkol, aby nevznikly pochyby o tom, co se vlastně musí provést. Popis má vymezit určitou volnost v plnění úkolu, která je přípustná, aniž považujeme splnění úkolu za neúspěšné. Konstruktor potom může přistoupit k návrhu a stanovit požadovanou spolehlivost vzhledem k patřičným provozním podmínkám. [3]

3.7 Obecné směrnice pro specifikace spolehlivosti

Dobré specifikace spolehlivosti musí obsahovat metody pro zjištění, že žádané spolehlivosti bylo skutečně dosaženo. Bylo napsáno mnoho specifikací, které jsou zcela všeobecné a postrádají podrobnosti, nezbytné k tomu, aby se mohlo vyhovět požadavkům na spolehlivost. Nastíníme tu proto základní body, které musí být obsaženy ve specifikacích spolehlivosti. [3]

Účelné specifikace spolehlivosti mají, povšechně vzato, vymezit způsoby měření, hodnocení, zlepšení a předpovídání spolehlivosti. Každá specifikace má pro každý bod stanovit účel, místo, metody, potřebné přístroje, okolnosti a postupy. Podrobnosti každé specifikace v podstatě závisí na charakteristikách posuzovaného zařízení a na jejich důležitosti pro určení spolehlivosti. [3]

V následujících bodech jsou krátce shrnuty nejdůležitější směrnice dobrých specifikací spolehlivosti:

1. Definice zařízení nebo soustavy.
2. Informace o stáří soustavy, výrobním stadiu a obměnách.
3. Kritéria uspokojivé činnosti.
4. Podklady pro časové výpočty.
5. Popis provozních podmínek.
6. Popis podmínek údržby.
7. Definice selhání a poruchy.
8. Definice provedení výběrů a výpočtů.
9. Jiné úvahy. [3]

3.8 Výrobní opatření působící na spolehlivost

Je mnoho výrobních opatření, která mají vliv na spolehlivost výrobků. Nejdůležitější z nich je kontrola jakosti, která se uplatňuje v různých oblastech, jako je hodnocení provedení, výrobních postupů, materiálů, skladování i výdeje součástí a materiálů, hodnocení změn konstrukce a odchylek, dále při kontrole a zkoušení výrobků a materiálů a v mnoha dalších oblastech. Jak vidíme, výčet působnosti kontroly jakosti je rozsáhlý. Je však třeba si uvědomit, že poslání kontroly jakosti spočívá, jak již naznačuje její název, pouze ve vyhodnocování nebo kontrolování. Kontrola jakosti se např. zabývá vyhodnocením efektivity nějakého výrobního postupu, jako je třeba pokovování; avšak skutečné rozhodování a postupu pokovování nebo jeho rozplánování a další vývoj je zpravidla úkolem provozního inženýra. [3]

V popředí zájmu kontroly jakosti je u výrobku provedení. Neodpovídá-li totiž provedení stanoveným požadavkům, může mít nepříznivý vliv na spolehlivost výrobku. Tak třeba nedokonalé pájení mívá zpravidla za následek skryté vady, které se konečně projeví ve zkrácení doby života

elektronického zařízení. Obzvláště je tomu tak při studených spojích. Důsledkem je potom malá spolehlivost, nebyla-li ovšem včas taková skrytá vada objevena a opravena. [3]

Známe dvě základní metody, jichž lze používat k zajištění dobrého provedení výrobků. První z nich je zavedení dobrých výrobních metod a postupů. Druhá metoda je pečlivá kontrola výrobků. Kontrolovat se může v různých fázích výrobního postupu; takovou kontrolu označujeme jako mezioperační. Kontroluje-li se hotový výrobek, jde o tzv. výstupní kontrolu. [3]

Nejlepší metodou kontroly jakosti je kontrola výrobního postupu. Tato metoda je neekonomičtější. Kontroloři tu vynášejí svá zjištění do regulačních diagramů, které ukazují, zda je výrobní postup v povoleném rozmezí, nebo zda z něho vybočil, zda je zapotřebí seřadit určitý výrobní stroj apod. Je vždycky lepší kontrolovat výrobní postup přímo během výroby než až po dokončení celé dávky výrobků. Kontrola po ukončení výroby bývá proto považována za zbytečné vydání. Většina výrobních postupů závisí na lidech a na strojích, u kterých nelze pochopitelně zaručit neomylnost. Kontrola je proto nezbytnou nutností pro zajištění výroby dobrých výrobků. [3]

V každém případě (bez ohledu na to, zda je dobré provedení výsledkem dobré výrobní metody, účinné kontroly, nebo jak metody, tak i kontroly) má kontrola jakosti nejdůležitější úlohu při zaručování, že výrobek skutečně odpovídá stanoveným jakostním normám. [3]

Na spolehlivost výrobku dále působí volba, skladování a jakost použitých materiálů i součástí. Předepíše-li konstruktér nedopatřením nevhodnou dvojici různých materiálů pro stýkající se součásti, může dojít ke korozi. Při dobře prováděné kontrole jakosti se pravděpodobně zjistí včas tento nedostatek a může být napraven. Mohli bychom vyjmenovat mnoho případů, jak mohou materiály působit na spolehlivost. Skryté vady jsou totiž zpravidla způsobeny nesprávným použitím materiálů nebo špatným zacházením s nimi. Např. kyselá pájka sice zaručuje dočasně dobrý spoj, později však podléhá korozi, a proto má nepochybně nepříznivý vliv na spolehlivost. [3]

Nevhodné skladování materiálu může mít za následek jeho pokažení, které se pravděpodobně projeví v malé spolehlivosti vyráběného zařízení. V jednom případě bylo např. zjištěno, že se kovové součásti skladovaly v blízkosti galvanizačního oddělení a byly zasaženy korozivními výpary. Součásti byly později natřikovány nátěrem. Stopy kyselin, které zůstaly pod vrstvou nátěru, zavinily loupání nátěru, což mělo nepříznivý vliv na spolehlivost výrobku. [3]

Nesprávným zacházením na montážní lince nebo na jiných místech se mohou součástky poškodit. Každé poškození, i sebe nepatrnější, může mít nepříznivý vliv na spolehlivost. V jednom případě byly např. choulostivé součásti elektronického zařízení pro mikrovlnnou oblast znečištěny kovovými třískami, které zavinily odírání součástí. Důsledkem bylo zkrácení doby života součástí, což se dále projevilo v podstatném snížení spolehlivosti výrobků. [3]

Kontrola jakosti má své důležité místo rovněž v poloprovozní výrobě a při ověřování nových konstrukcí výrobků. Je dobře známo, že nový výrobek prodělá několik konstrukčních změn, než se zařadí do běžné výroby. V některých případech, ať již způsobených potřebou rychlé dodávky nových výrobků, nebo nedostatečnou obezřelostí, napíše konstruktér specifikace nového výrobku

podle neúplných nebo nedostatečných údajů. Dostanou-li se takové specifikace beze změn do výroby, buď se podle nich nedá vůbec vyrábět, nebo se v továrně musí udělat drahá přizpůsobení nebo výběr součástí pro montáž. Montáž z vybraných součástí je velmi nákladná a nežádoucí, neboť se musí pečlivě vybírat k sobě se hodící součásti, aby se z nich dal sestavit spolehlivý výrobek. V poloprovozní výrobě se ještě mohou zavádět konstrukční změny podle objektivních zjištění, a právě proto v poloprovozní výrobě může kontrolor ovládající statistické metody vykonat největší kus práce. Kontrolor tu sbírá údaje pro analýzu výrobních postupů. Podle statistické analýzy pak rozhodne, zda je, či zda není výrobní postup v souladu se specifikacemi. Závěry z kontroly jakosti se dále posuzují z hlediska spolehlivosti a výroby. Tak se dochází ke konečnému rozhodnutí, zda se musí výrobek překonstruovat, či zda se pozmění specifikace nebo výrobní postup. [3]

Kontrola jakosti vystupuje ještě v mnoha jiných směrech, které se podílejí na zlepšení spolehlivosti výrobků. Oddělení kontroly jakosti zkoumá odchylky od předepsaných specifikací a má právo neschválit výrobu při zhoršení jakosti nebo spolehlivosti. Toto oddělení provádí rovněž výběrové zkoušky spolehlivosti, nebo na ně dohlíží. Shromažďují se tu údaje o zkouškách a informace o poruchách a analyzují se, nebo se informace předávají odborníkovi na spolehlivost, aby podle nich určil potřebné konstrukční úpravy. Oddělení kontroly jakosti obecně zodpovídá za zajištění účinné soustavy hlášení poruch, která zaručuje spolehlivé údaje o poruchách a včasná nápravná opatření. [3]

3.9 Problematika vlivu lidského činitele na spolehlivost systémů

3.9.1 Poměr pojmu a předmětu

Vědec nepracuje bezprostředně se skutečností, jeho východiskem jsou běžně používané pojmy, uspořádané zkušenostmi. Badatel neprožívá předmět své práce bezprostředně a bez reflexe, ale vnímá ho, zatímco ho souběžně pojmenovává, a tak vlastně pojmově zařazuje. Používání pojmů zkušenosti uvolňuje vědce z přímého nátlaku jednotlivých podnětů prostředí a umožňuje mu svobodně, bez nátlaku provádět myšlenkové oerace. Pojem je obsah představy, kterému přiřazujeme slovo. [4]

Pojem není nikdy identický s konkrétními jevy, na něž se jako obsah představy vztahuje. Z pouhého pojmu nemůžeme proto odvozovat žádné výpovědi. Například z pojmu skupina nebo společnost nevyplývá, co je skupina nebo společnost. Analýza pojmu může nanejvýše objasnit, co chápeme jako jevy nebo procesy. [4]

Svět zkušenosti kategorizujeme pojmy, avšak takto získaný pořádek nemusí bezpodmínečně odpovídat objektivní struktuře společnosti. To není dáno jen hranicemi možné zkušenosti, kterou člověk disponuje, ale také tím, co můžeme všeobecně označit jako selektivní pozornost, která řídí naši orientaci. Tato selektivita není naprosto libovolná, ale je podřízena zájmům. Vnímáme intenzívně a cílevědomě to, co se nám jeví na některé věci důležité nebo významné a co potom vstupuje jako

podstatné do obsahu představy pojmu. Protože na určitý soud o relativní významnosti různých aspektů zkušenosti můžeme pohlížet jako na hodnotící soud, jsou potom pojmy na základě jejich selektivity principiálně vázány hodnotově. [4]

Od takové hodnotové vazby rozlišíme specificky hodnocené elementy, které vedle svých popisných znaků obsahují mnohé pojmy. Jsou to zejména pojmy, které se vztahují na sociální jevy. Naproti tomu existují pojmy, které obsahují nepatrné nebo vůbec žádné zjevné hodnocení. Hodnocení, které obsahuje pojmy, je podmíněno stupněm kulturně historického vývoje i třídě, takže pro různé třídy (skupiny, vrstvy) může mít pojem rozdílné hodnocení (významy). [4]

Hodnotící elementy mnohých pojmů, pokud by zůstaly nereflektované (neidentifikované) se mohou stát rušivým faktorem ve výzkumu. Z toho však nemusíme ještě odvodit požadavek neutrálních pojmů. Hodnotově neutrální pojmy nejsou žádné nutné předpoklady pro validitu výzkumu. Na druhé straně identifikované hodnoty pojmů jsou mnohdy významné pro formulaci společensky relevantních otázek výzkumu. [4]

3.9.2 Problémy validity a spolehlivosti

Operacionální definice je platná tehdy, když vede, prostřednictvím v ní uvedených měřicích operací, k chápání vztahu mezi pojmem a jevem, k němuž pojem odkazuje. Vztahuje-li se pojem na nějaký proces, který není přímo uchopitelný, potom mluvíme o dvojstupňovém problému platnosti. Nejprve půjde o to, zda použité indikátory jsou skutečně platné, tj. ukazují-li hledaný, zkoumaný jev, zda-li mají platnost, tedy jsou-li operacionální. [4]

Otázka validity znovu vyvstává specifickým způsobem pro každý výzkumný nástroj, pro každou metodu zjišťování dat. [4]

Druhou otázkou je spolehlivost. Všeobecně lze říci, že instrument je spolehlivý, přináší-li jeho opakované použití stejné výsledky. Spolehlivost určité sociální metody závisí. Na její přesnosti a konzistenci, jsou-li např. formulovány otázky nejasně, takže respondent reaguje při několikerém opakování otázky různě, potom nemají otázky, spolehlivost. Spolehlivost instrumentu závisí na jeho objektivitě, tzn. že dosažené výsledky jsou nezávislé na výzkumníkovi, zodpovězení otázky nemůže být také závislé na možnosti variovat odpověď v důsledku jednoznačnosti otázky. [4]

Některá úskalí ohrožující spolehlivost se snažíme vyloučit standardizováním nástrojů. Reprodukce výsledků zpracování dat potvrzuje spolehlivost nějakého nástroje jen tehdy, když se "podstata věci" nemění v rozmezí od prvního do dalšího použití stejných technik. [4] Jistěže to jde někdy jen velmi těžko odlišit - jsou tu zejména důvody působení vnějších podmínek, jež mohou být v určitých případech velmi dynamické. Také v tom případě, když byly zvoleny chybné indikátory, nemůže ani maximální předpokladatelná spolehlivost zaručit platnost výsledků. [4]

4. Příklad měření na vybraném vzorku jističe

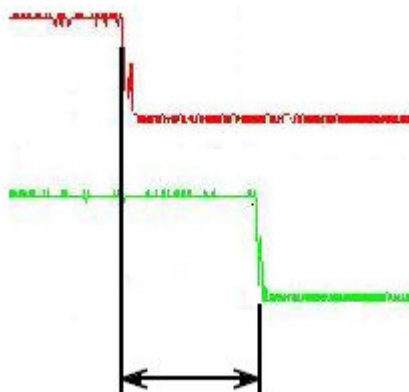
Měření probíhá za stavu naprázdno. V sérii s kontakty jističe je zapojena dioda a obvod je napájen napětím z baterie 3 V. Při spínání se uplatňuje odskok kontaktů a nesoučasnost spínání.

K odskoku kontaktů dochází při zapínání. Následkem je několikanásobné opakované spínání způsobené výrobcem kontaktů. U vypínání nedochází k rozkmitu, protože měření probíhalo na prázdnou a vlivem zátěže nevzniká žádný oblouk.



Obr. 24 – Příklad odskoku kontaktů při zapínání

Nesoučasnost spínání kontaktního systému je rozdíl mezi sepnutím jednotlivých fází jističe.



Obr. 25 – Nesoučasnost spínání

Měření bylo provedeno na 3f jističi LSN C 10 firmy OEZ Letohrad.

Katalogové parametry jističe

Jmenovitý proud I_n	0,2 ÷ 63 A
Jmenovité pracovní napětí U_e	230/400 V a.c. / 48 V d.c.
Max. provozní napětí U_{max}	253/440 V a.c. / 52 V d.c.
Min. provozní napětí U_{min}	12 V a.c. / d.c.
Jmenovitý kmitočet f_n	40 ÷ 60 Hz
Jmenovitá zkratová schopnost (ČSN EN 60898) pro $I_n = 8 \text{ A} \div 40 \text{ A } I_{cn}$	10 kA
Trvanlivost	10 000 cyklů
Jmenovité impulzní výdržné napětí (1,2/50 μs) U_{imp}	6 kV
Kategorie přepětí (CSN IEC 664-1)	IV
Krytí	IP20
Pracovní podmínky	teplota okolí -30 ÷ +55 °C pracovní poloha libovolná seizmická odolnost (8 ÷ 50 Hz) 5 g klimatická odolnost (CSN IEC 721-2-1) skupina G

Měření

Tabulka uvádí odečtené časové hodnoty rozdílu spínání jednotlivých průběhů mezi sebou.

Měření při:	Počáteční fáze měření			Závěrečné fáze měření		
	L_1, L_2 dt [ms]	L_1, L_3 dt [ms]	L_2, L_3 dt [ms]	L_1, L_2 dt [μs]	L_1, L_3 dt [μs]	L_2, L_3 dt [μs]
Zapínání	3,6	3	0,6	0,8	0,2	1
Vypínání	100	50	50	75	50	25

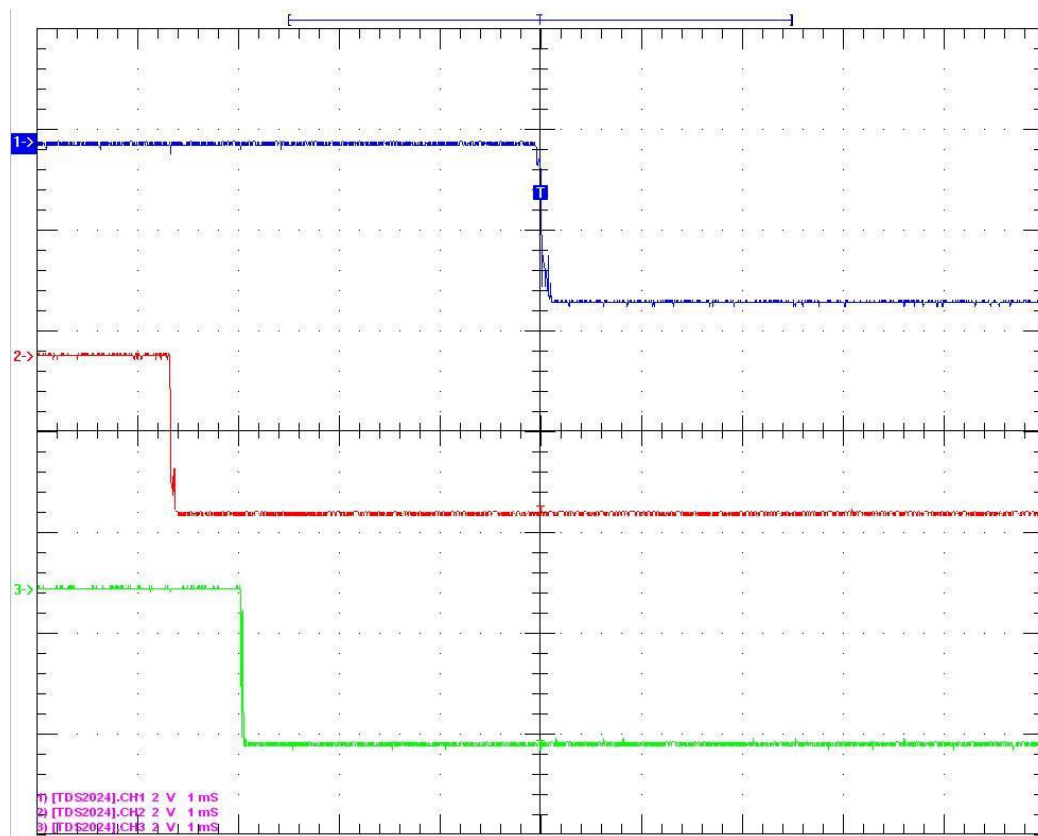
Tab. 1 - Tabulka nesoučasnosti spínání

Průběhy naměřených časů jističe při zapínání a vypínání

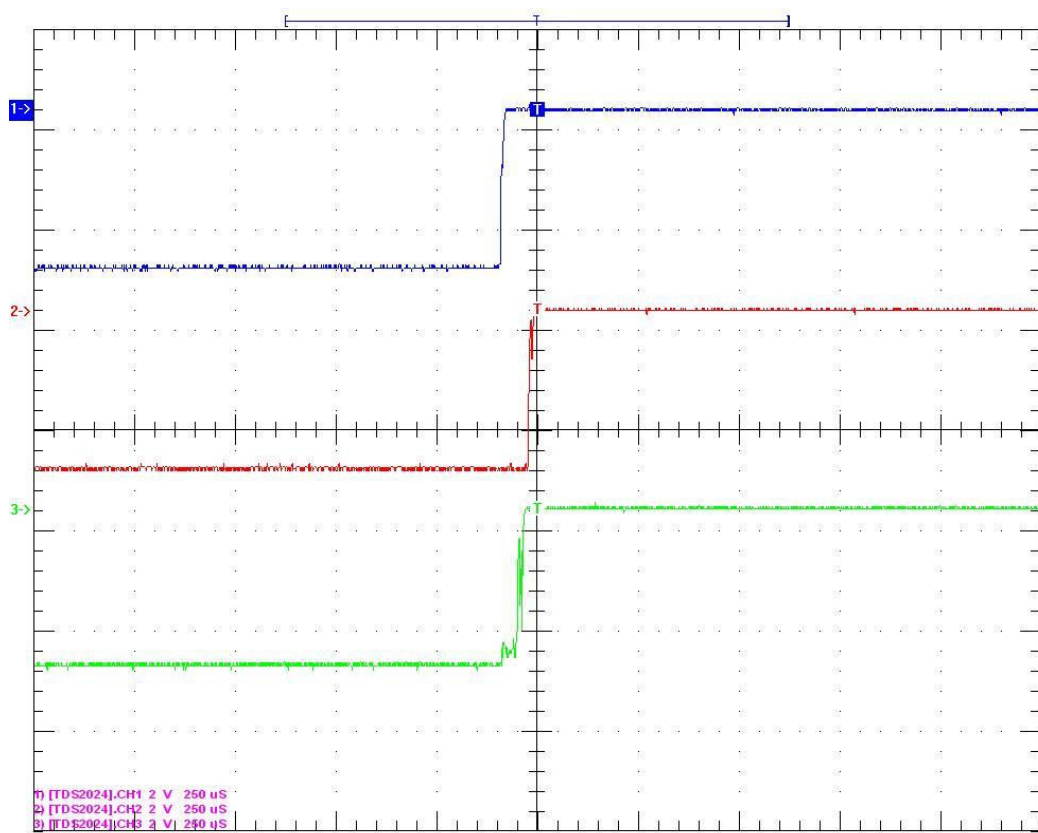
Nastavení osciloskopu: Zapínání 2 V a 1 ms na dílek.

Vypínání 2 V a 1 μs na dílek

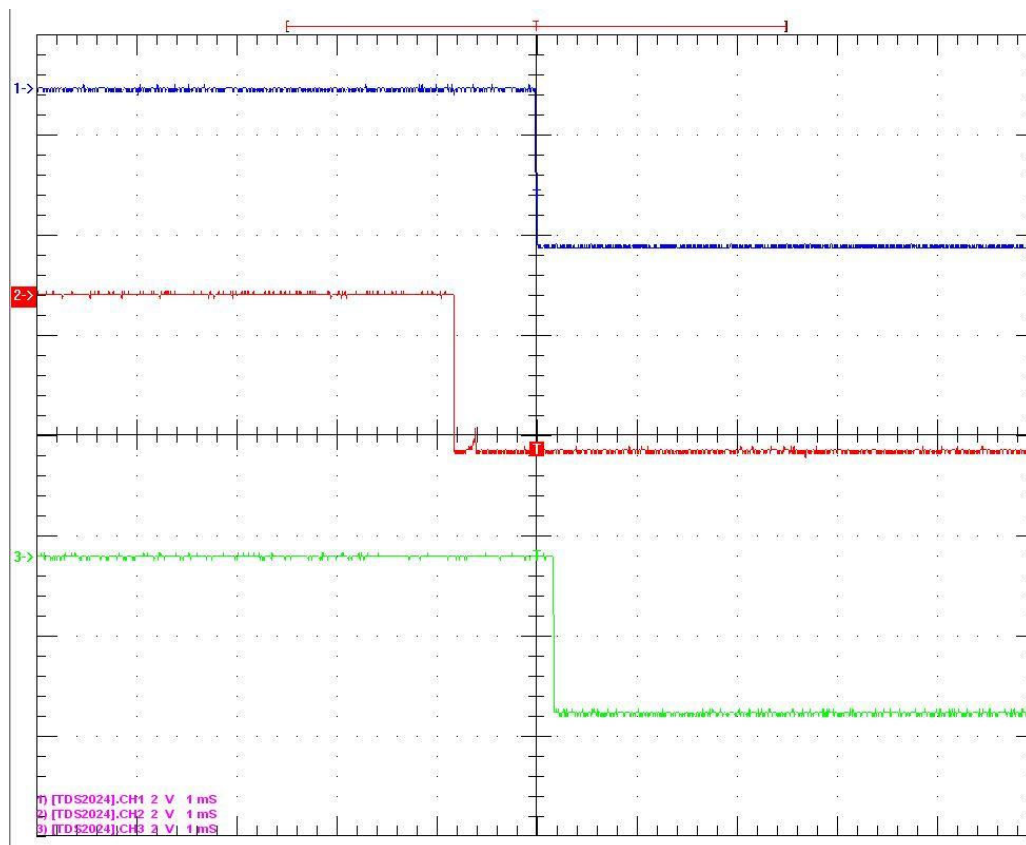
T v grafech označuje Trigrování. Je to impuls k zapnutí nebo vypnutí kontaktů.



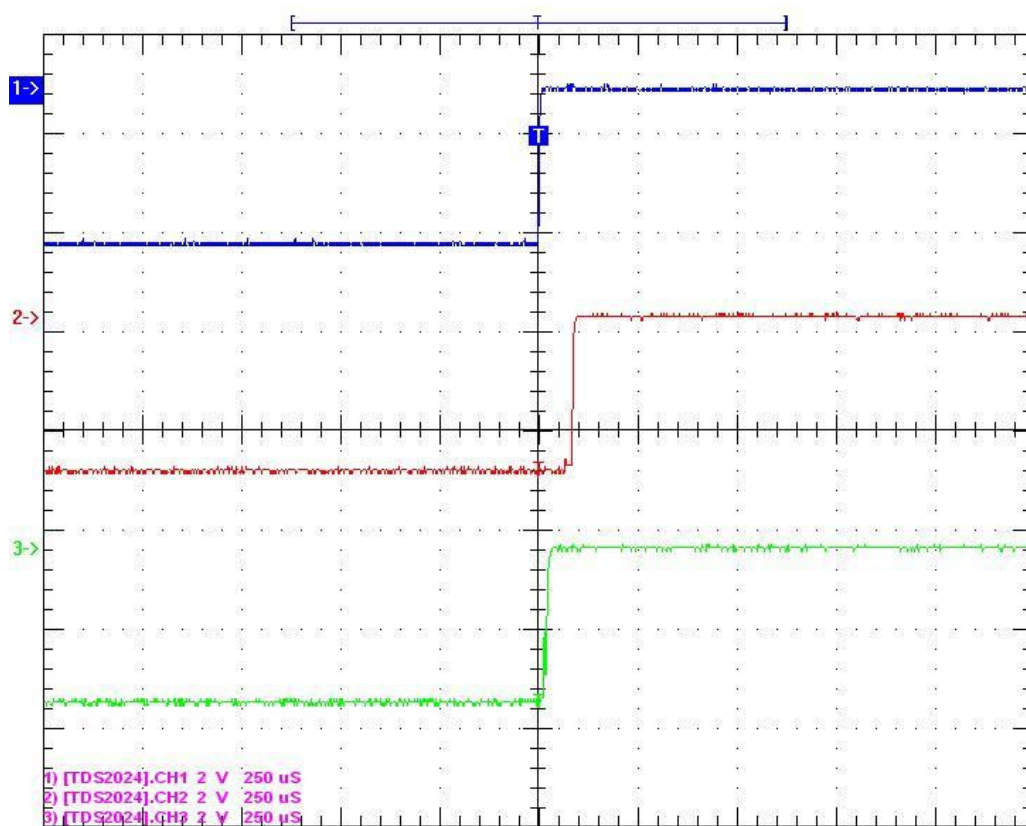
Obr. 26 – Zapínání kontaktů jističe v počáteční fázi měření



Obr. 27 – Vypínání kontaktů jističe v počáteční fázi měření



Obr. 28 – Zapínání kontaktů jističe v závěrečné fázi měření



Obr. 29 – Vypínání kontaktů jističe v závěrečné fázi měření

Závěr

Jistič je ochranný prvek používaný ve všech oblastech lidské činnosti, průmyslu i domácnostech. Jeho hlavní funkcí je ochrana majetku elektrického obvodu, spotřebičů nebo osob před nežádoucími účinky nadproudu a podpětí. Nezařazení, špatná konstrukce z hlediska návrhu nebo výroby a následného selhání tohoto ochranného prvku by vedlo v lepších případech ke zničení obvodu, připojeného zařízení a majetkovým ztrátám. V horším případě ke ztrátě na lidských životech. Absence tohoto ochranného prvku v běžném životě si asi nelze představit. U samotného jištění se využívá selektivity jištění. To je postupně odstupňované jištění v obvodu tak, že při poruše zareaguje jistič nejbližší umístěný za místem poruchy. K zajištění ideální ochrany se používá zapojení v kombinaci s pojistkami. Pojistky zaručují nejlepší omezení procházené energie při zkratech. V současnosti je snaha miniaturizovat a zdokonalit již používané druhy po technologické stránce a rozvoj jeho spouští a doplňků.

Zjišťování spolehlivostních parametrů jističů nízkého napětí z důvodu velké časové náročnosti těchto měření má spíše informativní charakter. Samotný proces obsahuje tisíce spínacích cyklů. V začátku měření je doba sepnutí kontaktů rychlejší, protože jistič je bez mechanického i elektrického opotřebení. Postupné prodlužování doby spínání je způsobené délkou provozního nasazení jističe. Dochází k opotřebení elektrických i mechanických částí. Elektrické poškození se projevuje opotřebením a oxidací kontaktů. Při spínání dochází k opalování kontaktů elektrickým obloukem. Následkem je pak větší úbytek napětí a zvětšení odporu v místě dotyku kontaktů a pomalejší sepnutí, protože vypínání probíhalo za stavu na prázdnou, nevznikal tedy elektrický oblouk opalující kontakty. Elektrické opotřebení se neprojevovalo. Musíme proto provádět více měření na jmenovité proudy a jejich násobky. Mechanické poškození mohou vzniknout opotřebením ovládacího mechanismu. Vliv zde bude mít opotřebení mechanických zámků a energie nastřádaná ve vypínacích pružinách. Z naměřených grafů je patrné, že ke spínání kontaktů nedochází v přesně stejnou chvíli. Tato nesoučasnost spínání vzniká mechanickým opotřebením kontaktů.

Závěrem bych podotknul, že lze na tuto práci navázat a pokračovat v dalších měření na vybraném jističi. A zjišťovat dále změnu parametrů garantovaných výrobcem. Všechny potřebné informace byly čerpány z odborné literatury a rad odborníků zabývajících se touto problematikou.

Seznam použité literatury

- [1] HYTKA, Z., HELŠTÝN, D., KAČOR, P.: *Elektrické přístroje spínací, ochranné a jistící*. VŠB – TUO 2003. Učební texty na CD.
- [2] HAVELKA, O. a kol.: Elektrické přístroje, SNTL/ALFA v roce 1985
- [3] CALABRO, S. R.: Základy spolehlivosti a jejich využití v praxi
- [4] LEITL, R. Spolehlivost elektrotechnických systémů. SNTL. Praha 1990. 288 s.
- [5] Firemní literatura OEZ Letohrad s. r. o, *Vzduchové jističe ARION WL*.
URL: <http://www.oez.cz/viewDocument.asp?document=5837> [cit. 2009-03-24]

Seznam obrázků

Obr. 1 – Konstrukce zámku pomocí západky.....	11
Obr. 2 – Konstrukce zámku pomocí otočné západky	11
Obr. 3 – Konstrukce zámku z prolomených pák	12
Obr. 4 – Směry působení sil v prolomených pákách.....	12
Obr. 5 – Princip volnoběžky ze dvou vzpěr	13
Obr. 6 – Časová charakteristika elektromagnetické spouště	14
Obr. 7 – Princip působení mžiké spouště	14
Obr. 8 – Časová charakteristika tepelné spouště	15
Obr. 9 – Ohřev bimetalového pásku topný vodičem	15
Obr. 10 – Ohřev bimetalového pásku topný vodičem	15
Obr. 11 – Princip působení podpětové spouště	16
Obr. 12 – Princip kovové zhášecí komory	17
Obr. 13 – Závislost omezení zkratového proudu.....	18
Obr. 14 – Vypínací charakteristiky jističů OEZ Letohrad - LSN do 63 A (10 kA)	19
Obr. 15 – Zátkový jistič.....	20
Obr. 16 – Jistič S 111 S - L firmy ABB	20
Obr. 17 – Řez malým jističem nn.....	22
Obr. 18 – Jistič LSN firmy OEZ Letohrad	22
Obr. 19 – Trojpólový jistič nn střední velikosti.....	23
Obr. 20 – Kompaktní jistič Modeion BH630 firmy OEZ Letohrad	23
Obr. 21 – Střední jistič nn v omezovacím provedení	24
Obr. 22 – Velký jistič nn	24
Obr. 23 – Velký jistič ARION WL, firmy OEZ Letohrad. Výsuvné provedení do 3600 A.....	25
Obr. 24 – Příklad odskoku kontaktů při zapínání.....	36
Obr. 25 – Nesoučasnost spínání	36
Obr. 26 – Zapínání kontaktů jističe v počáteční fázi měření.....	38
Obr. 27 – Vypínání kontaktů jističe v počáteční fázi měření	38
Obr. 28 – Zapínání kontaktů jističe v závěrečné fázi měření	39
Obr. 29 – Vypínání kontaktů jističe v závěrečné fázi měření.....	39

Přílohy

Příloha č. 1 : Slovník pojmů [5]